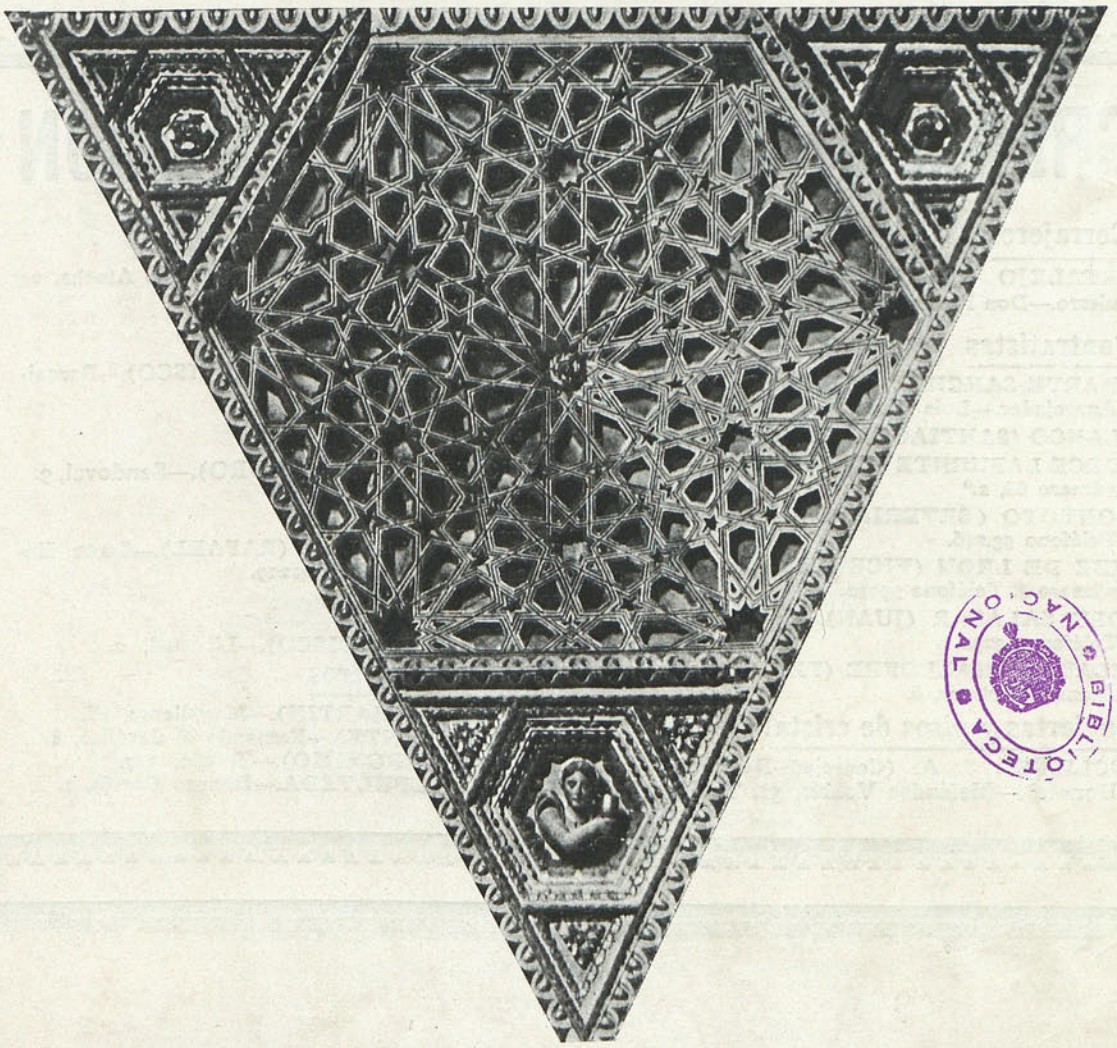
c/274



BIBLIOTECA NACIONAL

ARQUITECTURA

COLEGIO OFICIAL DE ARQUITECTOS

9-10

MADRID 1932

Biblioteca Nacional de España

GREMIOS DE LA CONSTRUCCIÓN

Cerrajeros

ARTALEJO (EUSEBIO).—Construcciones en hierro.—Don Pedro, 3. Teléfono, 75847.

Contratistas

ADARVE SANCHEZ (BERNARDO).—Maestro Aparejador.—Luis Vives, 9, hotel (Prosperidad).
BLANCO (SANTIAGO).—P. Manuel Becerra, 11.
FORCE LAFUENTE (FERNANDO).—Castelló, número 66, 2.º
MONTOTO (SEVERIANO). — O'Donnell, 9. Teléfono 53.246.
RUIZ DE LEON (VICENTE).—P. de Olavide, número 4. Teléfono 35972.
SOLE SALAZAR (JUAN).—Conde Duque, 17. Teléfono 33292.
VILATA Y MALLOFRE (PEDRO).—Plaza de Alonso Martínez, 6.

Cubiertas y pisos de cristal

"ECLIPSE", S. A. (Consejero-Delegado: Juan Donate).—Meléndez Valdés, 51. Teléf. 34832.

Ebanista

LAORGA (FEDERICO).—Ronda de Atocha, 23 triplicado.

Electricidad

BENITO DELGADO (FRANCISCO).—Barquillo, 9. Teléfono 12774.

Estucador decorador

ROYO FERRERAS (PEDRO).—Sandoval, 9.

Escultor

GARCIA MORALES (RAFAEL).—Santa Engracia, 21. Teléfono 42219.

Fontanero

JIMENO (FRANCISCO).—Libertad, 2.

Maestros canteros

BLAZQUEZ (MARTIN).—Magallanes, 28.
COBO (VICENTE).—Fernando el Católico, 8.
EDILLA (JERONIMO).—Toledo, 147.
FAUSTO SEPULVEDA.—Donoso Cortés, 1.

JOSÉ MACAZAGA

CONSTRUCTORES DE ALBAÑILERIA Y CANTERIA

General Salazar. 8
Teléfono 12471
Bilbao

Carmen, 6 y 8
Teléfono 95982
Madrid

VEASE EL INDICE DE ANUNCIANTES EN LA TERCERA PAGINA DE CUBIERTA

Biblioteca Nacional de España

ARQUITECTURA
PUBLICACIÓN MENSUAL ANTONIO MAURA, 12

SUMARIO

A. PRIETO VIVES..... La carpintería hispano-musulmana.
Concurso para monumento a Pablo Iglesias en Madrid.
Libros.

COLEGIO OFICIAL DE ARQUITECTOS DE MADRID

Biblioteca Nacional de España

Interrumpe ARQUITECTURA la tradición de sus últimos años, de publicar trabajos de índole muy varia y de corta extensión, profusamente ilustrados, para dar cabida a uno extenso, que constituye una completa monografía del tema tratado. Este y su autor, el ingeniero Sr. Prieto Vives, merecen que, excepcionalmente, se altere la composición de un número de esta Revista. El Sr. Prieto ha descubierto una de las zonas más brillantes, extensas y curiosas del arte medieval español: la que se desarrolla a base de decoraciones geométricas. Esta zona desaparece, como tantas otras, ante la revolución artística del Renacimiento y porque la unidad religiosa y la expulsión de judíos y moriscos rompe el contacto con el arte musulmán, que fué el que dió al nuestro de la Edad Media su originalidad y su savia. Si en aquel momento adquiere el pueblo español conceptos y formas nuevos es a costa de olvidar los que secularmente estaban impregnados de su espíritu. El Renacimiento supone para el arte español un corte profundo; no solamente son las formas góticas—posiblemente agotadas—las que sucumben: son las mudéjares, aún vitales, las que se pierden con la invasión de la última moda europea.

Hasta hace pocos años—hasta la publicación de los estudios del Sr. Prieto Vives—, admirábanse las techumbres mudéjares, las bóvedas de mozárabes, los alicatados de lazo y los trazados geométricos de las yeserías musulmanas y moriscas. Era una pura admiración de paletos, de gentes que admiran sin intentar darse cuenta de la obra de arte, sin comprenderla. El Sr. Prieto Vives, con la ayuda de textos antiguos y merced a su preparación matemática—no hay que olvidar la intervención de su ingenio sutil y de una formación científica rigurosa de investigador—, ha ido desentrañando totalmente las decoraciones geométricas de nuestro arte mudéjar—el arte del lazo—(1), el trazado de las decoraciones de mozárabes (2) y la estructura de las armaduras moriscas (3). El resumen, la culminación de esos estudios es el que se publica en las páginas siguientes: un verdadero descubrimiento de una de las regiones más importantes del arte medieval, desde la ley de los trazados y las formas hasta la terminología del oficio, olvidada también desde hace cuatro siglos. Descubrimiento más curioso por ser de obras que están bien visibles y que por su riqueza han llamado siempre la atención. El número, la variedad y la riqueza de los techos y armaduras mudéjares es increíble, y forma uno de los capítulos más brillantes y originales del arte español. Debemos al Sr. Prieto Vives el poder admirarlos hoy día con pleno conocimiento.

L. Torres Balbás.

---

(1) "El arte de la lacería", Conferencia leída en el Ateneo de Madrid, 1904. "La simetría y la composición de los tracistas mulsulmanes" (Investigación y Progreso, *Madrid, 1.º de marzo de 1932), y algunos otros trabajos publicados recientemente en esa Revista.*

(2) "Apuntes de geometría decorativa: los mocárabes" (Cultura Española, 1907).

(3) "El arte de la lacería" y el trabajo que se publica a continuación.

Biblioteca Nacional de España

ARQUITECTURA

ÓRGANO DEL COLEGIO OFICIAL DE ARQUITECTOS DE MADRID

AÑO XIV-NÚMS. 161 Y 62 MADRID - ANTONIO MAURA, 12 SEPTBRE. Y OCTUBRE 1932

LA CARPINTERIA HISPANO-MUSULMANA

POR D. ANTONIO PRIETO VIVES, ING.

La organización constructiva de una armadura, según la tradición dejada en España por los artistas musulmanes, era totalmente distinta de la actual.

Hoy separamos las funciones de resistencia y de cubierta, dedicando a la primera órganos especiales (formas o cerchas) que sirven de apoyo a una cuadrícula de piezas (correas y cabios) con las que se consigue reducir los vanos a dimensiones adecuadas, según los elementos que han de servir de cubierta, todo ello sin pretensiones decorativas.

Nada de esto ocurría entonces: las distintas funciones se cumplían indistintamente por unos mismos órganos, y la construcción entera formaba un conjunto en el que todo contribuía a la vez a todos los fines, y así la armadura fiaba su resistencia, no a un corto número de elementos fuertes, sino a un crecido número de piezas de poca escuadría, que formaban a la vez la base de la decoración.

Otra de las diferencias es de procedimiento: hoy se hace un proyecto en el que se puntualiza toda la obra desde sus principios; antes se construía con arreglo a principios y métodos tradicionales aplicados directamente a cada caso sin estudio previo. De aquí que sean inseparables los estudios de las obras y de los procedimientos. Claro está que habríamos de contentarnos con el análisis de las primeras si no pudiéramos reconstruir los segundos, pero tampoco alcanzaríamos un conocimiento tan completo de ellas como el que logramos mediante el estudio directo de los métodos constructivos.

Podemos, por fortuna, hacerlo así gracias a los escritos del maestro carpintero Diego López de Arenas, si bien los datos que nos poporciona son muy incompletos; en ocasiones, por malicia indudable, al no querer divulgar todos los secretos de su arte, y en ocasiones, también por impericia, como se comprueba examinando las recetas en que el autor vacila y se contradice, y otras en que desbarra francamente, como tendremos ocasión de comprobar. Sin embargo, lo que se conserva de aceptable en los escritos de Arenas y lo que sobre ello puede restituirse es suficiente para salvar lo más importante del método.

Diego López de Arenas publicó en Sevilla en 1633 un libro titulado *Carpintería de lo Blanco y Tratado de Alarifes*, del que sólo la primera parte nos interesa (1). Además, por azar afortunado, se conserva el manuscrito oiginal de este libo, y autorizado para la impresión, que permite corregir los errores de que ésta adolece, no sólo en el texto, sino en las figuras (2). Más aún: contamos con otro manuscrito anterior, mezcla de libro de Memorias y de primer intento de redacción, que, si bien resulta bastante más desaliñado que el libro impreso, es, en cambio, mucho más completo, por contener infinidad de detalles importantísimos que el autor pensó después, sin duda por cautela, reservar (3).

Fué, en efecto, la intención de nuestro autor, como él mismo declara, servir de guía a los examinadores del gremio, algo desorientados por la pérdida progresiva de la tradición; pero no quiso, por lo visto, que sirviese de tex-

---

(1) En 1927 se publicó en Sevilla una segunda edición, en todo conforme con la primera; en 1867, en Madrid, publicó la redacción de *El Arte en España* una tercera edición muy descuidada, sobre todo en las figuras, muchas de ellas estropeadas, y siempre inferiores a las de las primeras ediciones; a esta tercera edición acompañaban notas y un glosario, con escasa fortuna. En 1912 se publicó en Madrid la cuarta edición, simple reproducción de la tercera, con todas sus faltas.

Además de la parte que nos interesa, contiene el libro de López de Arenas un "Tratado de Alarifes", donde se dan reglas para la tasación de casas y solares, un compendio de Geometría elemental plana, un "Tratado del Calibre", sobre la duplicación del cubo, y un "Tratado de Reloxes" de sol. Sobre estos tratados se añadió algo en la segunda edición, pero sin afectar en nada a la parte que aquí nos interesa.

(2) Pertenece a la Academia de Bellas Artes de San Fernando.

(3) Pertenece al Instituto de Valencia de Don Juan, por donación de su Director, D. Manuel Gómez Moreno.

Biblioteca Nacional de España

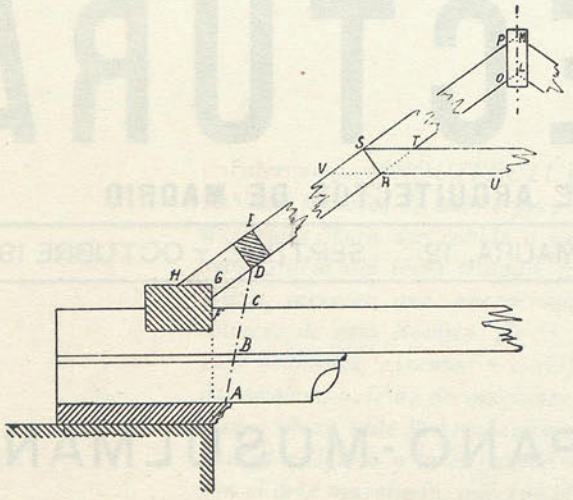


Fig. 1.

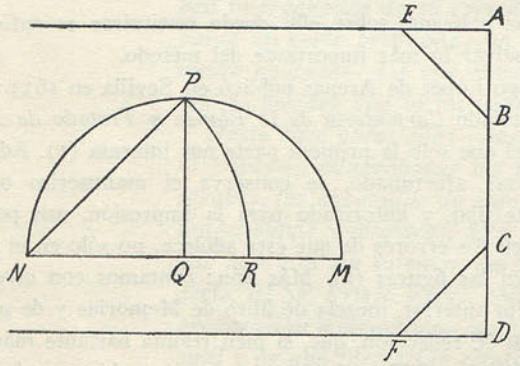


Fig. 2.

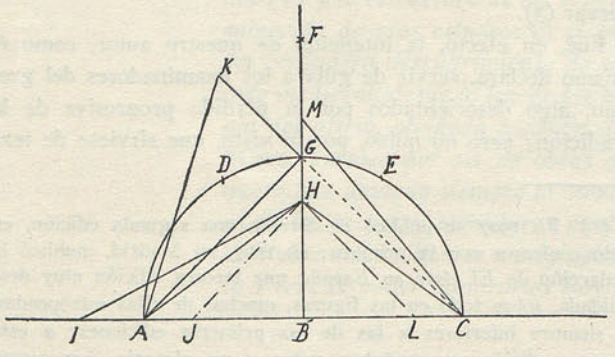


Fig. 3.

to a los examinandos, atento a la restricción que los gremios practicaban en el aprendizaje de su arte.

La mudanza de los tiempos hace que hoy nos apliquemos celosamente a aclarar y divulgar estos secretos hasta donde lo permitan la concisión voluntaria del autor, los errores en que incurre, las erratas que los cuatro editores sucesivos han tenido a bien añadir y los comentarios que con tan escasa fortuna han acompañado a las últimas ediciones.

I

ESTRIBADO

La primera operación necesaria para construir una armadura era la colocación de unos nudillos "de a pie y medio y a vara uno de otro poco más o menos", empotrados en la fábrica del muro y enrasados por arriba con su coronación. Sobre estos nudillos se clavaba la *solera,* que tenía un pie de ancho, quedando saliente del paramento del muro cuanto exigía la moldura con que se adornaba.

Sobre la solera insistía muchas veces directamente el *estribo,* marco de vigas destinado a sufrir el peso y el empuje de la armadura, pero otras veces, especialmente en estancias grandes, se interponían otros órganos de resistencia, como son los *tirantes* y los *cuadrantes.*

Los tirantes eran piezas que, atravesando la estancia transversalmente, sujetaban las vigas del estribo, resistiendo al empuje horizontal de la armadura; muchas veces estos tirantes se apoyaban en *canes,* a los que se superponía una tabla moldurada o *tocadura,* y sobre ellos se empotraban las vigas del estribo, a cola de milano, hasta la mitad de su grueso, o al menos los 2/5, considerando Arenas vicioso el empotramiento a 1/3, por el peligro de que el empuje echase fuera el estribo de los tirantes, como advierte había sucedido varias veces. El estribo se colocaba a los haces del muro y quedaba oculto por un forro de tabla, como se verá más adelante. Los tirantes se colocaban a veces pareados, y en este caso era frecuente apeinazarlos, adornándolos con lazo.

Todo este conjunto, del que dará idea la figura 1, trazada sobre las de los manuscritos, se sujetaba con grandes clavos, que habían de llegar hasta la solera.

El cuadrante es una pieza horizontal a 45° sobre los muros, que se coloca en cada uno de los ángulos de la estancia, en el mismo plano y con las mismas dimensiones que los tirantes (y no de los canes como Arenas dice erróneamente), y provisto también de canes cuando lo están aquéllos. Su objeto puede ser el servir de apoyo a un estribo de forma octogonal, en caso de ser la cubierta *ochavada,* o bien servir sólo de "fortificación" a la armadura, según frase de Arenas, realizando análoga función que los tirantes. En el primer caso, será preciso cubrir el espacio comprendido entre los cuadrantes y los muros, lo que se hacía con *pechinas* o tableros de madera horizontales o inclinados, casi siempre adornados con lazo. En el segundo caso, los cuadrantes quedaban al aire, como los tirantes, pero su dimensión y lugar correspondían siempre a la planta octogonal. Arenas menciona también las estancias *doceavadas,* sin decir nada sobre ellas.

Para hallar la longitud y colocación del cuadrante usábanse procedimientos característicos: uno consiste en dividir el testero de la estancia en 17 partes y adoptar siete de ellas para longitud del cuadrante, medida por la parte que mira al centro de la estancia, y otras cinco para la distancia a que los extremos del cuadrante han de quedar

Biblioteca Nacional de España

de los rincones. Puede también dividirse el testero en 24 partes, quedando 10 para el cuadrante y siete para su distancia al rincón. Ambas reglas se basan en la hipótesis de que $\sqrt{2}$ vale 7/5, lo cual sólo es aproximado, puesto que $\sqrt{2}$ =1,4142...; tenemos, en efecto (fig. 2), puesto que $AB = EB\,\frac{\sqrt{2}}{2}$ o aproximadamente $AB = EB\,\frac{7}{10}$

$$AD = 2\,AB + BC = 2\,AB + EB = AB\left(2 + \frac{10}{7}\right) = \frac{24}{7}\,AB,$$

pero al mismo tiempo $AB = \frac{EB}{\sqrt{2}}$ o aproximadamente $AB = EB\,\frac{5}{7}$, de donde:

$$AD = AB\left(2 + \frac{7}{5}\right) = AB\,\frac{17}{5}$$

Este valor de $\sqrt{2}$, que Arenas debía creer exacto, da lugar a que, en un triángulo rectángulo isósceles, se llamase al cateto "el cinco", y a la hipotenusa, "el siete".

Además de estos procedimientos, usaba Arenas el siguiente: con una parte del testero (generalmente 1/12) como radio, trazaba un semicírculo o *cambija* (fig. 2), y después de trazada la normal PQ, con el radio NP, señalaba el punto R; es evidente que: $MR = MN\left(1 - \frac{\sqrt{2}}{2}\right)$, de donde: $MN = MR\ (2+\sqrt{2})$, y por consiguiente, MR será el 1/6 (si MQ fué el 1/12 del testero) de la distancia al rincón de los cuadrantes.

II

ARMADURA DE PAR E HILERA

En las armaduras adornadas con lazo, todos los elementos constructivos venían determinados por éste: en las armaduras lisas, como la que nos ocupa, había que determinar previamente dos elementos, que son la pendiente del tejado y el grueso de las maderas.

La pendiente se fijaba por medio de un cartabón, que representaba la mitad de la sección de la cubierta en escala de 1/6. Arenas describe minuciosamente el procedimiento para trazar este cartabón; se tomaba con un compás la dozava parte de ancho de la estancia y se trazaba con este radio un semicírculo o *cambija* ADC (fig. 3); con el mismo radio (Arenas insiste mucho en esto de "sin abrir ni cerrar el compás"), se señalan D y E, y sobre éstos F, lo que determina la línea FB o *tanquil;* se trazan después las líneas AHC, que representan en escala de 1/6 la sección de la cubierta. La inclinación era la de alguno de los cartabones que servían para el trazado de los lazos, que los maestros sabían construir geométricamente, lo que omitimos ahora porque habremos de ocuparnos con detalle más adelante de todas estas construcciones. Arenas advierte que no es esencial la división en 12 partes, pudiendo ser un número par cualquiera, pero el número 12 era necesario en casos especiales, y de ahí la costumbre.

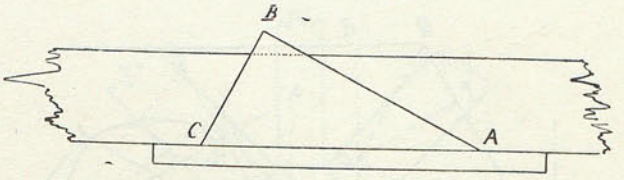


Fig. 4.

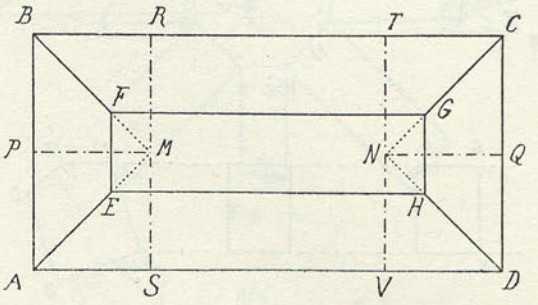


Fig. 5.

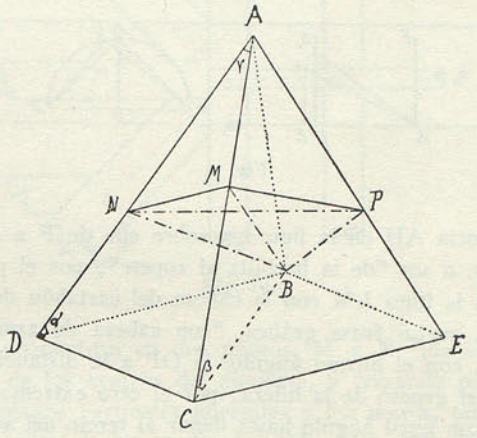


Fig. 6.

Las piezas inclinadas, pares o *alfardas* (1), que se reunen en la parte superior en otra horizontal o hilera, tienen la disposición de la figura 1. Arenas llama "los perfiles" a la cara inferior FL donde toma siempre las medidas, *copete* a la parte superior OP de la pieza, *barbilla* al corte vertical GF y *patilla* al horizontal HG. Para trazar estas líneas sobre el canto o *tabla* de la alfarda se usaba el *cartabón de armadura,* materialización del triángulo AHB de la figura 3 en una tabla, cuyo uso era el siguiente: apoyada la hipotenusa (fig. 4) sobre el borde de la pieza, se llamaba *echar la cola* de este cartabón a trazar una línea según el cateto mayor AB, al que corresponde el ángulo menor BAC, y *echar la cabeza* del mismo, a señalar el otro lado BC. Unicamente sufre excepción de esta regla el *cartabón cuadrado* o isósceles, que se colocaba sobe un cateto, llamándose *cola de cuadrado* al trazo a 45°, y *cabeza del cuadrado* al de 90°.

La longitud de la alfarda se obtiene llevando seis veces

(1) Arenas designa con frecuencia una misma cosa con dos sinónimos, uno castellano y otro árabe.

Biblioteca Nacional de España

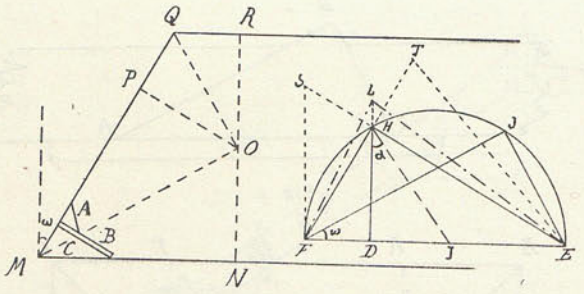


Fig. 7.

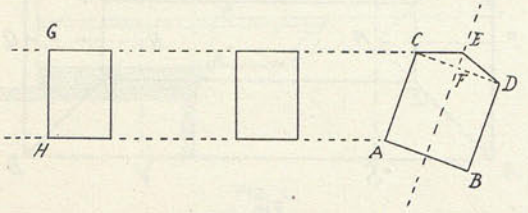


Fig. 8.

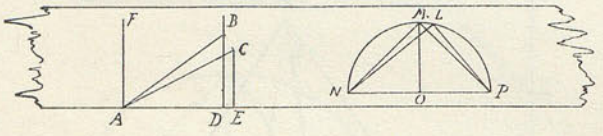


Fig. 9.

la distancia AH de la figura 3 sobre ella de F a L de la figura 1, o sea "de la barbilla al copete"; por el punto L se traza la línea LM con la cabeza del cartabón de armadura, o, según frase gráfica, "con cabeza de armadura", y luego, con el mismo ángulo, la OP a la distancia de la mitad del grueso de la hilera; por el otro extremo se traza FG con igual ángulo hasta llegar al tercio del ancho de la *tabla* o *alto* de la pieza, y a partir de este punto se traza HG con la cola del mismo cartabón. Señalada así una de las alfardas, se cortan todas iguales y se clavan al estribo y a la hilera. Inútil será decir que cuando la pendiente del tejado sea mayor de 45° habrá que permutar la cola con la cabeza. Arenas promete hablar de estas armaduras "que arman por cabeza de cartabón", pero no lo cumple.

El *grueso,* o anchura de la cara, se hacía depender del ancho de la estancia, y Arenas recomienda para estancias de 12 a 16 pies un grueso de 1/14 a 1/12 de vara; para anchos de 16 a 20 pies, un grueso de 1/10, y para 20 a 30 pies, 1/8, siendo los 30 pies el máximo verosímil.

El *alto,* o anchura de la tabla, era la diagonal del cuadrado, cuyo lado era el grueso.

La distribución de las alfardas a lo largo del estribo se hacía, por lo general, "a calle y cuerda", lo que quiere decir que la separación entre dos de ellas era doble de su grueso. En general, se llamaba *cuerda* al grueso de la madera, y *calle,* al hueco entre dos piezas; la igualdad de la cuerda con la media calle era necesaria en la mayor parte de las armaduras de lazo, y por extensión se practicaba en las demás.

La parte inferior de la armadura se cubría con tablas (*tabicas*) siguiendo una línea tal como la AD de la figura 1, cuya inclinación o *acuesto* era de 1/5 en las armaduras lisas; en las de lazo, la última cinta o *cinta cabera* fijaba la posición de la serie de peinazos DE que formaban el *almarbate,* y éste a su vez fijaba la inclinación del *arrocabe* o forro de tabla.

El arrocabe se componía de tres partes distintas: la primera, AB, correspondía a los canes y se colocaba al tiempo que éstos, empotrando en ellos las tablas en unas cajas abiertas lateralmente con la inclinación debida, apoyándose en la solera y terminando en su parte superior en su moldura o tocadura. Una segunda fila de tablas se empotraba de igual modo en los tirantes, apoyándose en la anterior.

La tercera parte, única que no podía faltar, era la *argeute,* que llegaba por arriba al almarbate D. En el mismo almarbate, por detrás, en E, empezaba el forro exterior, que dejaba a la vista las maderas, y que Arenas recomienda se haga con las tablas dispuestas horizontalmente, porque así las armaduras "no se pueden remar", expresión gráfica hoy ya fuera de uso.

III

ARMADURA DE PAR Y NUDILLO

Era el nudillo una pieza del mismo grueso que la alfarda y colocada, si no había razón en contra, al tercio de la altura.

La unión se hacía del modo siguiente: al señalar el largo de la alfarda con el compás, llevando sobre ella seis veces la distancia AH de la figura 3, se marcaba el punto R (fig. 1) a cuatro distancias desde la barbilla, o a dos desde el copete, y ésta es precisamente la razón de adoptar el 1/6 para la escala de la cambija. Señalado el punto R, se trazaba la normal RS con *cabeza de cuadrado* y desde R y S dos *colas de armadura,* RV y ST.

La distancia entre estos dos trazos representa el *alto* que debe tener el nudillo, que será tanto mayor cuanto más tendida sea la cubierta. La ensambladura se hará dividiendo el grueso de la alfarda en cinco partes y suprimiendo las extremas en el triángulo RST, formando así la *garganta* de la alfarda, que queda reducida, en esa parte, a los 3/5 de su grueso.

El nudillo tiene de largo "por los perfiles" RU el tercio del ancho de la estancia, o sean cuatro partes de las 12 en que se dividió para trazar la cambija, a lo que habrá que añadir el triángulo RST por cada extremo, determinado por los dos trazos RS, RT, con los dos ángulos del cartabón de armadura. La ensambladura se hace suprimiendo en la parte proyectada en RST los 3/5 centrales de su grueso, quedando los 2/5 extremos, o *cornezuelos,* para recibir la garganta de la alfarda.

Cuando el nudillo ha de tener dimensiones determinadas, como ocurre en las armaduras de lazo, se determina

Biblioteca Nacional de España

el lugar de la garganta haciendo una cambija cuyo radio sea la cuarta parte del tamaño del nudillo, medido siempre por su cara, y sin contar los cornezuelos; en esta cambija se traza el cartabón de armadura como en la figura 3 y se lleva la distancia AH dos veces a partir del copete de la alfarda, sin descontar nada por la hilera.

Hemos dicho que el alto del nudillo depende de la pendiente de la armadura, y así resulta que, si la estancia no tiene sus muros rigurosamente paralelos, cada pareja de alfardas tendrá distinta pendiente, si la hilera ha de quedar "a peso", o sea horizontal, y los nudillos, por lo tanto, a alturas distintas. Arenas llama a estas armaduras *atahudadas,* y las traza superponiendo, en la cambija donde se trazó al 1/6 el cartabón de armadura de un testero, AHB (fig. 8), el JHB obtenido, haciendo JB igual al 1/12 del otro, y buscando entre A y J los puntos que corresponden a las distintas alfardas, para determinar su inclinación y su largo. Arenas insiste mucho en la desigualdad del alto de los nudillos, que, por lo visto, era discutida por algunos; una frase de Arenas, "algunos maestros tienen otras medidas con algún rodeo y con poco fundamento", hace sospechar que los que sostenían esta igualdad trazaban los nudillos de otra manera; si igualásemos la altura del nudillo con la del par, el trazo SR (fig. 1), en vez de ser normal a DR, sería la bisectriz de DRU, y se señalaría, tanto en el par como en el nudillo, con la cabeza de un cartabón cuyo ángulo sería la mitad del de armadura.

Es muy verosímil que ésta sea la traza primitiva, y la que trae Arenas, una simplificación.

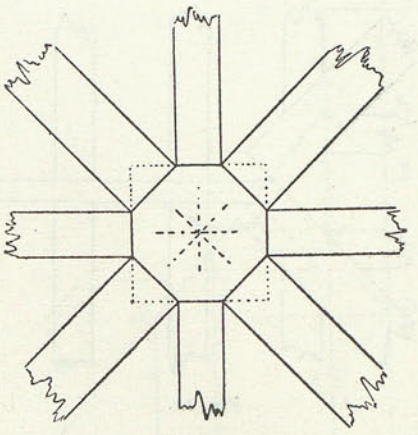


Fig. 10.

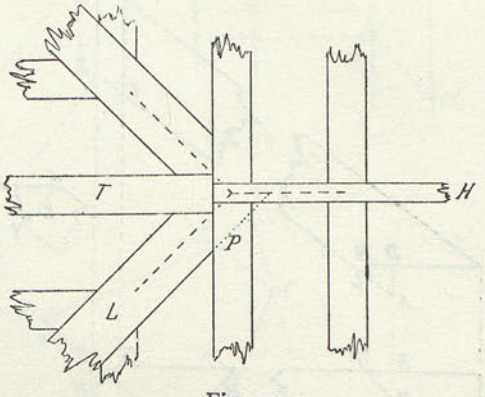


Fig. 11.

IV

ARMADURAS DE LIMA

Son aquellas en que la cubierta forma cuatro vertientes, dos principales en los costados más largos de la estancia, o *gualderas,* y dos menores en los *testeros;* en las estancias de planta cuadrada las cuatro vertientes son iguales de forma, pero no de estructura, porque sólo los pares de las gualderas llevan nudillos, mientras los de los testeros llevan un peinazo, que ensambla con el último nudillo en ángulo recto.

Los nudillos forman un entramado horizontal que se llama *almizate* o *harneruelo* (1), rodeado de cuatro *paños* trapeciales inclinados, que dan al conjunto la forma de artesa, de donde se ha derivado el nombre moderno de *artesonado.*

La figura 5 representa la planta de una de estas cubiertas; en EFGH se proyecta el *almizate;* en AEFB y DHGC los *paños* de los *testeros,* y en AEHD y BFGC los de las *gualderas;* prolongando las proyecciones de las limas se encuentran en dos puntos, M y N, que son proyección de los *centros* del almizate, y trazando por estos puntos planos verticales normales a los muros, tendremos la proyección de los *partorales* MR, MP, MS, NT, NQ, NV, que limitan los *cuartos de limas* ASMP, PMRB, TNQC, QNVD, que siendo rectos las ángulos de los muros, serán iguales entre sí y tendrán por planta un cuadrado, por ser igual la inclinación de todos los partorales, que es la del cartabón de armadura.

Para trazar las piezas de estas armaduras, se usaban tres cartabones, uno de los cuales es el cartabón de armadura ya conocido; en la figura 6 se representa uno de los cuartos de limas, comprendido, como hemos dicho, entre dos planos verticales normales a los muros ABD y ABE; los partorales AD y AE forman con la coronación del muro dos triángulos, ADB y ABE, semejantes al cartabón de armadura, cuyo ángulo llamaremos α ; otro de los cartabones es el *coz de limas,* semejante al triángulo ABC y cuyo ángulo llamaremos β , y el tercero es el *albanécar,* representado por el triángulo ADC, cuyo ángulo llamamos γ.

En estos tres triángulos se verifica:

$$AB = AD \text{ sen } \alpha,$$
$$AD = AC \cos \gamma,$$
$$AC \text{ sen } \beta = AB;$$

(1) Vuelve aquí Arenas a emplear las dos palabras árabe y castellana; se equivoca el comentarista de la tercera edición de Arenas al dar otra significación a la voz almizate.

Biblioteca Nacional de España

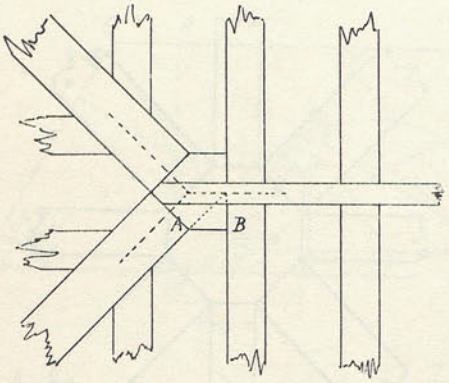


Fig. 12.

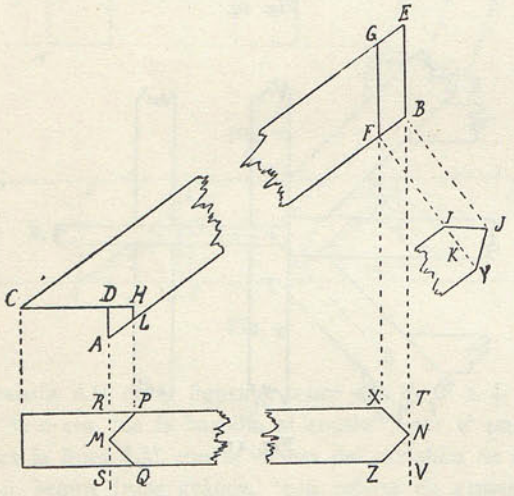


Fig. 13.

y multiplicando:

$$\text{sen } \beta = \text{sen } \alpha \cos \gamma ,$$

relación general, por aplicarse al caso en que el ángulo de los muros DCE tenga un valor cualquiera; cuando este ángulo es recto, BDCE es un cuadrado, y entonces:

$$\cos \alpha = \text{tang } \gamma .$$

De estas dos relaciones deducimos:

$$\cos \beta = \sqrt{2} \text{ sen } \gamma ,$$
$$\text{tang } \alpha = \sqrt{2} \text{ tang } \beta ,$$

que nos permiten deducir dos de los tres ángulos cuando se nos da el otro.

Arenas deduce geométricamente unos de otros estos cartabones para estancias cuyos muros forman ángulo recto: si en la figura 3 tomamos BM = CH, BCM será el albanécar, y si después tomamos, sobre la prolongación de CG, GK = BH, AGK será el coz de limas; también lo será el IBH si hacemos IB = AG. Sin dificultad se deduce la construcción del cartabón de armadura a partir de cualquiera de los otros dos.

Las dimensiones de las piezas que componen la cubierta de una estancia rectangular dependen del ancho de la misma; las alfardas del testero AMB (fig. 5) pueden dividirse en tres grupos, uno central, formado por las que empalman con el herneruelo, y se llaman *manguetas,* y dos laterales, que no llegan al almizate, por encontrar antes a la lima, y reciben el nombre de *péndolas;* como el nudillo se coloca al tercio de la altura, FE es la tercera parte de AB y el número de *péndolas* será doble del de *manguetas.*

El número de manguetas del testero no baja de dos ni suele exceder de seis; llamándolo k, las péndolas serán $2k$, y el total de péndolas y manguetas $3k$, y como se distribuyen a calle y cuerda, el testero AB se compondrá de $9k$ cuerdas, y dividiéndolo por $9k$, tendremos la dimensión de la cuerda, o sea el grueso de las maderas.

Así, para trazar un armadura de seis manguetas, en una estancia de ocho metros, dispondremos maderas de $\frac{8}{54} = 0{,}148$ m.

Los nudillos tendrán de largo $3k$ cuerdas, y el último distará de EF o *quiebra* del paño precisamente una cuerda, o media calle, que será el largo de los peinazos que lo unen a las manguetas del testero; estos peinazos, cuyo número es k, ocuparán en el nudillo las cuerdas de lugar

$$2, 5, 8, \ldots\ldots 3k - 1,$$

y así los ángulos E y F corresponden siempre a un vano. La figura 18 da idea suficiente de esta disposición.

Las armaduras cuyo testero no es normal a las gualderas son llamadas por Arenas *izgonzadas* y presentan la dificultad propia de la irregulridad de su forma. La medida de su oblicuidad, o sea el ángulo ω (fig. 7), que forma el testero con la normal a las gualderas, lo obtiene Arenas por medio del *cartabón del izgonce,* que se traza colocando, en el ángulo agudo de la estancia, una regla B, sostenida por un cartabón cuadrado A, y tomando con un compás los lados del triágulo C que forma la regla con los dos muros.

El nudillo que ha de ensamblar con el paño del testero, o *nudillo del izgonce,* ha de ser paralelo a MQ; los otros son paralelos a la normal NR, y, por consiguiente, el último de éstos se ha de empalmar con el oblicuo, formando un conjunto rígido, bien metiendo entre los dos una cuña con el ángulo de oblicuidad, bien, si éste es muy grande, por medio de peinazos.

Arenas no pasa de aquí: advierte solamente que cada rincón tiene su albanécar y su coz, y propone que se trace una montea para determinarlos, una vez fijado el cartabón de armadura.

Sus procedimientos habituales son, sin embargo, aplicables a este caso; si RQMN (fig. 7) es el perímetro de los muros, las bisectrices MO y QO nos darán la proyección del punto de concurso de los tres partorales proyectados en ON, OP, OR, y las dos limas OM y OQ. Por ser MO y QO bisectrices también de los ángulos adyacentes PON y POR, el triángulo MOQ será rectángulo en O.

Si trazamos un semicírculo FHE cuyo diámetro represente, en la escala usual, el testero oblicuo MQ y trazamos en él el *cartabón del izgonce* FJE, bien por su ángulo JFE = ω, bien tomando en FJ el ancho RN de la estan-

Biblioteca Nacional de España

cia, dividiendo en dos partes iguales el arco FJ por el punto H, el ángulo HEF será igual al OMP, por ser mitad del JEF, complementario de ω, e igual, por consiguiente, al NMP.

El triángulo EHF será, pues, semejante al MOQ, y los segmentos FD y DE representarán, en la escala adoptada, los MP y PQ, y si HDI es el cartabón de armadura, haciendo DL = HI, FLD y DLE serán los dos albanécares.

Prolongando FH y EH en HS = HT = DI, FSH y EHT serán los dos coces.

Si llamamos γ_1 y γ_2 a los dos ángulos de los dos albanécares FLD y DLE, tendremos:

$$\text{tang } \gamma_1 = \frac{DE}{HI} = \frac{HD}{HI} \text{ tang } \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\omega}{2}\right) = \cos \alpha \text{ tang } \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\omega}{2}\right)$$

$$\text{tang } \gamma_2 = \frac{FD}{HI} = \frac{HD}{HI} \text{ tang } \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\omega}{2}\right) = \cos \alpha \text{ tang } \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\omega}{2}\right)$$

y si recordamos que $\cos \alpha = \text{tang } \gamma_0$, siendo γ^0 el ángulo del albanécar cuadrado, encontraremos la relación curiosa:

$$\text{tang } \gamma_1 \times \text{tang } \gamma_2 = \text{tang}^2 \gamma_0.$$

Además de la relación

$$\text{sen } \beta = \text{sen } \alpha \cos \gamma ,$$

que se verifica siempre, tenemos en este caso:

$$\text{tang } \gamma = \cos \alpha \text{ tang } \left(\frac{\pi}{4} \pm \frac{\omega}{2}\right),$$

y de estas dos deducimos:

$$\cos \beta = \frac{\text{sen } \gamma}{\text{sen } \left(\frac{\pi}{4} \pm \frac{\omega}{2}\right)}$$

$$\text{tang } \alpha = \frac{\text{tang } \beta}{\cos \left(\frac{\pi}{4} \pm \frac{\omega}{2}\right)}$$

correspondiendo el signo — al rincón obtuso y el + al agudo.

V

LA LIMA BORDON

Distínguense dos clases de limas: las que se forman con una sola pieza, o *lima bordón*, y las pareadas, o *limas moamares;* las segundas son indispensables en las armaduras de lazo, pero las que no lo llevan pueden construirse de ambas maneras; también puede existir una armadura de lima bordón sin harneruelo, lo que sería imposible en una de limas moamares.

La lima bordón tiene por grueso la diagonal del cuadrado cuyo lado es el grueso del par; su altura no es tan fácil de fijar, y es uno de los puntos menos claros de los escritos de Arenas. Es, en efecto, necesario, para que las péndolas que han de ensamblarse con la lima queden en el mismo plano que las alfardas, que la lima (fig. 8) tenga

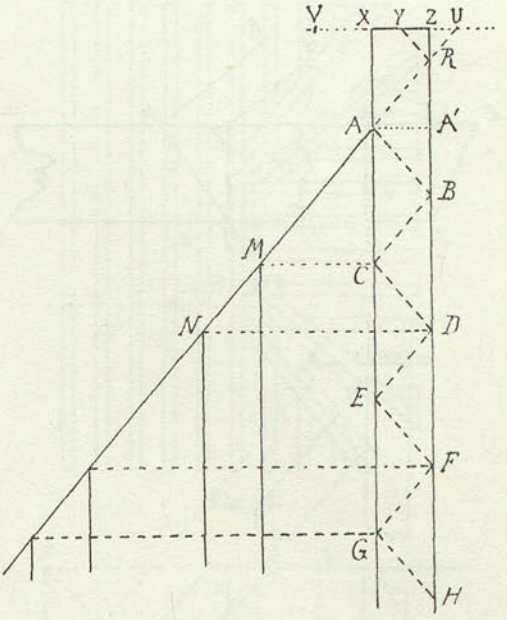


Fig. 14.

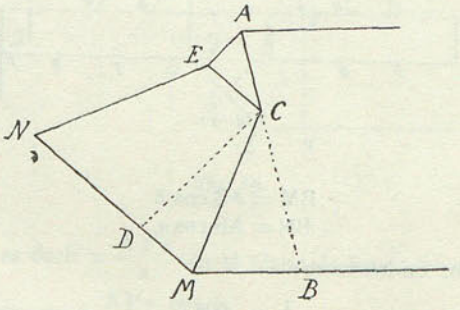


Fig. 15.

su tabla comprendida entre los dos planos GC y HA que comprenden por arriba y por abajo a las alfardas de cada paño, y además por la parte superior tenga la forma CDE necesaria para que puedan clavarse en ella las tablas del forro exterior. El saliente EF es lo que Arenas llama el *cerrillo* o *torrilla* de la lima.

Si en la figura 6 trazamos BM perpendicular a AC, y por M otras dos perpendiculares, MN y MP, el plano BNMP, perpendicular a la dirección de la lima AC, es paralelo a su sección recta, y MB lo será a su altura. Pero el plano BNMP es perpendicular al ACD, por serlo a la recta AC contenida en él, y como el ABD también lo es por serlo DC, lo será su intersección BN; resulta así que, por ser AD la dirección de la alfarda, BN será la de su altura, puesto que el plano ADB es paralelo a su tabla; BM y BN son, pues, paralelas a las alturas de la lima y de la alfarda, y como están comprendidas entre el plano ACD y otro paralelo que pase por B, son además proporcionales, y por consiguiente, si llamamos L a la altura de la tabla de la lima y A a la de la alfarda,

$$\frac{L}{A} = \frac{BM}{BN}$$

Biblioteca Nacional de España

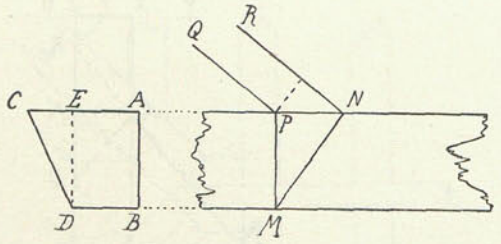


Fig. 16.

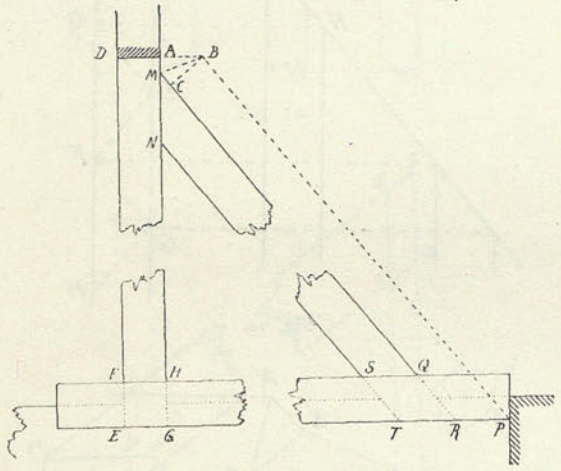


Fig. 17.

y como

$$BM = AB \cos \beta$$
$$BN = AB \cos \alpha$$

tendremos en resumen:

$$\frac{L}{A} = \frac{\cos \beta}{\cos \alpha}$$

relación aplicable a las estancias oblicuas, y que, en las de ángulos rectos, puede simplificarse en vista de las relaciones establecidas entre los ángulos de los tres triángulos, quedando en la forma:

$$\frac{L}{A} = \sqrt{2} \cos \gamma.$$

Por otra parte, el triángulo NMP es semejante al CDE de la figura 8, y puesto que el grueso de la lima es igual al alto de la alfarda, llamando T al cerrillo, tendremos, por ser recto el ángulo N:

$$\frac{2T}{A} = \text{tang MNP} = \text{larg MBN} = \frac{MN}{NB} = \text{sen } \gamma \text{ larg } \alpha$$

y si la estancia es rectangular, $\frac{2T}{A} = \text{sen } \beta$.

Nada más fácil que construir geométricamente estos valores: sobre una tabla (fig. 9) se trazan dos rectas normales al borde, AF y BD, a una distancia igual al alto de la alafarda AD; por el punto A se trazan, con las colas de los cartabones de armadura y coz, dos trazos, AB y AC, y tendremos:

$$AB = \frac{AD}{\cos \alpha}$$

Y haciendo AC = AB, y trazando otra normal CE, AE será igual a

$$AC \cos \beta = AD \frac{\cos \beta}{\cos \alpha},$$

es decir, al alto de la tabla de la línea.

Aún puede hacerse más fácilmente trazando un semicírculo NMP, cuyo radio MO sea la media calle, y trazando en él el albanécar NLP, NL será la tabla de la lima, puesto que MN es la de la alfarda.

La distancia del punto D a la línea AC es el doble del cerrillo de la lima.

Las recetas de Arenas no concuerdan con lo expuesto, aunque añade "no obstante que otros dan otras medidas a que yo llamo bastardas por no ser legítimas". El alto total de la lima, de donde rebaja luego el cerrillo, lo obtiene trazando la cabeza de armadura en la tabla de la alfarda, lo que da $\frac{A}{\cos \alpha}$ y en cuanto al cerrillo, lo obtiene trazando en la tabla de la lima las cabezas de armadura y del coz y tomando la diferencia de longitud de estos dos trazos, o sea

$$\frac{A}{\cos \alpha} \left(\frac{1}{\cos \alpha} - \frac{1}{\cos \beta} \right).$$

Para ver la diferencia, apliquemos el caso a un ejemplo: hagamos $\alpha = 36°$, de donde $\beta = 27°11'30''$ y $\gamma = 38°58'24''395$ y, según nuestro cálculo, tendremos:

Tabla.	1,0995 A
Cerrillo...	0,2284 A

y según las recetas de Arenas:

Altura.	1,2360 A
Cerrillo.	0,1382 A
Tabla.	1,0978 A

resultando muy aproximada la tabla de la lima, pero escaso el cerrillo.

Para la traza de la lima bordón debemos distinguir dos casos, según el número de manguetas sea par o impar, a lo que llama Arenas *limabordón pares* y *limabordón nones*, consistiendo la principal diferencia en que en un caso concurren en un punto solamente las limas, y en el otro, las limas y los partorales.

En el limabordón nones, si la estancia es cuadrada, las ocho piezas se clavan en un "nabo ochavado de ochavas desiguales" (fig. 10). Si la estancia es rectangular, la hilera (fig. 11) quedará cortada después del partoral P, y el del testero T sólo diferirá en que el grueso de la hilera será para él el grueso del par. Las limas encajan entonces entre los partorales P. y T.

En el limabordón pares, si la estancia es cuadrada, el nabo central tendrá sección cuadrada por faltar el concurso de los cuatro partorales; si es rectangular (fig. 12), habrá que prolongar la hilera y suplementarla para buscar asiento a las dos limas.

La longitud de la lima es, en la escala correspondiente, la hipotenusa de coz. En la figura 13 se representa la lima

Biblioteca Nacional de España

en dos proyecciones: M es el ángulo del estribo en que encaja, AB es la longitud después de descontar el grueso de la pieza donde se clava, que en la figura 10 es, en planta, el grueso de la lima, o sea la diagonal del grueso del par, y en las 11 y 12 la mitad: para formar el bisel, en el caso de la figura 11, haremos (fig. 13), en planta también, ZV igual a la mitad del grueso trazando EB y GF con la cabeza del coz y cortando de GF, Z y GF, X a la arista EBN: el ángulo XNZ es recto en planta, y en su plano vale

$$\text{tang}\,\delta = \frac{KY}{KJ} = \frac{TN}{FB} = \frac{XT}{FB} = \cos\beta .$$

Arenas usa para trazar estas líneas el cartabón albanécar, lo cual es erróneo; no sería difícil construir un cartabón para este corte, y no sabemos si no ha estado nunca en uso o si en tiempo de Arenas se había perdido su tradición.

Para cortar el apoyo del estribo es preciso que la barbilla AD sea igual a la de las alfardas, condición que Arenas no menciona; cortaremos primero AD y CD con los ángulos de coz, como si el apoyo fuese RS, igualando la barbilla con la de los pares, y luego formaremos el bisel, bien usando del ángulo IJY, bien fijando HL a la distancia debida de AD, como hicimos en el copete; si el punto H cae fuera de la pieza, la suplementaremos para hacer el corte.

Para determinar el largo de las péndolas, utilizaremos una regla de igual ancho que la alfarda y de igual longitud, sin descontar nada por el grueso de la hilera (fig. 14) (1). Si AN representa el borde de la lima, que está en el mismo plano que la cara del par, representando la regla el partoral y MN el asiento de la primera mangueta, si se proyecta M sobre C, el triángulo ACM tiene los ángulos del albanécar, y siendo CM doble del grueso del par, pasaremos de A a C por medio de dos colas de albanécar, AB y BC; otra cola, CD, corresponde al asiento de la primera mangueta MN, y señala su longitud por la cara; si continuamos señalando colas de albanécar hacia abajo, cada tres de ellas encontraremos el trazo final FG de una mangueta.

Para el limabordón nones, en proyección horizontal, concurren los ejes de las limas en el punto medio Y del copete del partoral, y puesto que la lima tiene de grueso $A\sqrt{2}$ siendo A el grueso de la alfarda, su borde alcanzará un punto U sobre la línea del copete a la distancia YU = A, y, por consiguiente, $XU = \frac{3}{2}A$ que se proyecta en verdadera magnitud por ser XZ horizontal. Si volvemos desde R la cola del albanécar, pasará por el punto medio Y, y éste será el punto de arranque del trazado YRAB

En el limabordón pares, el partoral está 3/2 A más desviado de la lima, y el punto U coincidirá con el X: la figura será igual con sólo suponer que el partoral termina en AA'.

Cuando la estancia es oblicua, todo cambia. Para el limabordón nones, en proyección horizontal, el borde de la lima MA pasa a una distancia de Y igual a medio grueso de

(1) Así lo advierte Arenas en su libro; en el manuscrito dice erróneamente lo contrario.

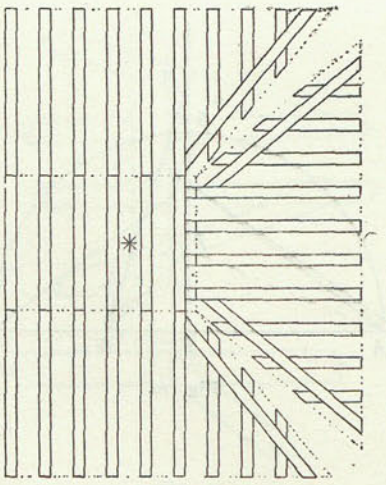


Fig. 18.

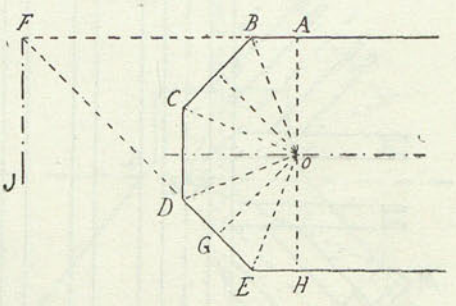


Fig. 19.

la lima, es decir a $\frac{A\sqrt{2}}{2}$ en el plano de los pares esta distancia aumenta a $\frac{A\sqrt{2}}{2}\frac{\cos\beta}{\cos\alpha}$ lo que supone, para las inclinaciones usuales de cubierta, un aumento de un 10 por 100. En el limabordón pares, el borde de la lima pasa a igual distancia de un punto situado a la izquierda de X, y a la distancia XZ, ancho del par.

Las manguetas se cortan por su cara y dorso, como vemos, con la cola del albanécar; por su tabla se cortan con cabeza de armadura, puesto que el trazo es vertical en obra.

Arenas incurre, al puntualizar estos trazados, en errores de bulto, que revelan poco conocimiento de esta clase de armaduras, en contraste con el que demuestra de las limas moamares, de que a continuación nos ocupamos.

VI

ARMADURA CUADRADA DE LIMAS MOAMARES

Llámanse cuadradas estas armaduras, cuando no son ochavadas, aunque cubran una estancia de forma rectangular. Tratándose de una armadura sin lazo, la proporción del grueso de maderas es la explicada en el capítulo IV, y el grueso será de $\frac{1}{27}\ \frac{1}{36}\ \frac{1}{45}\ \frac{1}{54}$ según el número de mangue-

Biblioteca Nacional de España

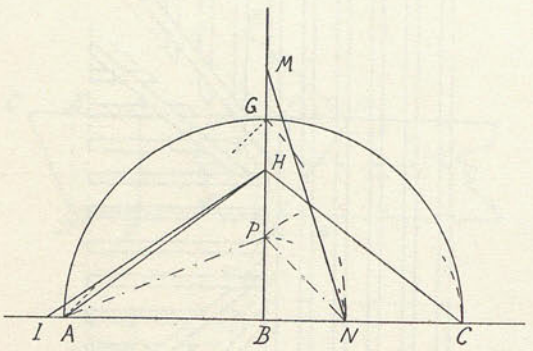


Fig. 20.

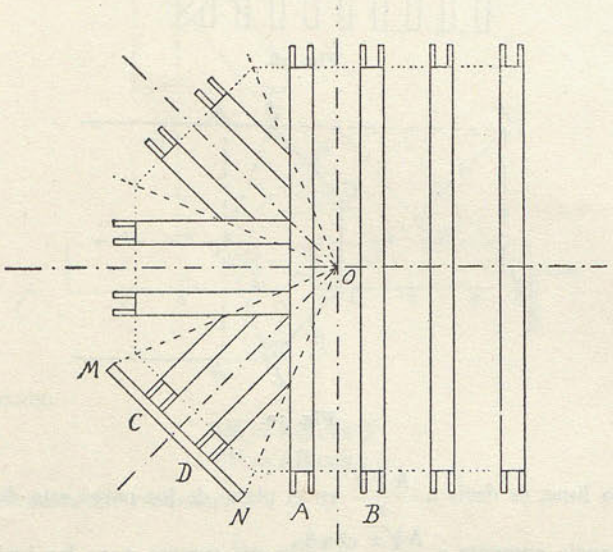


Fig. 21.

tas sea de 3, 4, 5 ó 6; las manguetas del testero no pasan del nudillo, y así la forma general del techo es la de la figura 15; las dos piezas que substituyen a la lima terminan una en la última alfarda, AB, y otra en la primera mangueta CD del testero, y el faldón entero de testero solamente se apoya en el estribo MN y en el último nudillo EC; esto obliga a apeinazar los ultimos nudillos del almizate para hacerlos solidarios, y esto a su vez da origen a algún adorno de lazo en el extremo del almizate, aun en las armaduras lisas.

Cada una de las piezas que componen la lima está en el plano de la alfarda correspondiente, y tiene su misma altura y su mismo ancho por la cara; pero, así dispuestas las dos limas gemelas, los planos que se miran y que forman la *calle de limas,* serían divergentes, y para que sean paralelos se da a la lima una sección trapecial (fig. 16), siendo AB la tabla que mira a la alfarda, BD la cara y CD la tabla que mira a la calle de limas; la diferencia CE entre la cara y el dorso se llama *campana* de la lima y puede determinarse del siguiente modo:

En la figura 6, AD representa la dirección de la alfarda, ADB la de su tabla, AC la de la lima; la de su tabla recta ha de ser un plano paralelo a AC y perpendicular a ACD, y por consiguiente, paralelo a BN, y siendo paralelo a AC y a BN, tendrá que ser perpendicular a MN. Las tablas que forman la calle de limas, siendo paralelas entre sí, tendrán que serlo a ACB, y, por consiguiente, son perpendiculares a NP.

Resulta, pues, que las dos tablas de la lima, por ser perpendiculares a MN y NP, forman entre sí el ángulo MNP igual al NBM; llamando C a la campana CE (fig. 16) y A al alto de la alfarda, que lo es tammbién de la lima AB, tendremos:

$$\frac{C}{A} = \frac{CE}{DE} = \text{tang CDE}$$

o en la figura 5:

$$\frac{C}{A} = \text{tang NBM} = \frac{MN}{NB} = \text{sen } \gamma \text{ tang } \alpha = \text{sen } \beta .$$

La campana de la lima moamar es, pues, el doble del cerrillo de la lima bordón.

La fórmula $\frac{C}{A} = \text{tang } \alpha \text{ sen } \gamma$ es independiente del ángulo de los muros de la estancia y aplicable por eso a las estancias oblicuas y a las cubiertas ochavadas; la construcción a que da lugar consiste en hacer sobre la tabla de la alfarda un trazo normal MP y otro con la cabeza de armadura MN, y después, por la otra cara de la pieza, dos colas de albanécar, PQ y NR; la distancia entre estos dos trazos paralelos será:

$$\text{PM sen } \gamma = \text{MP larg. } \alpha \text{ sen. } \gamma = C.$$

Arenas hace esta construcción correctamente, advirtiendo que sirve lo mismo para las armaduras cuadradas que para las ochavadas.

La fórmula $\frac{C}{A} = \text{sen } \beta$ daría lugar a una construcción más sencilla; pero, aparte de no servir más que para las estancias de ángulos rectos, Arenas advierte en otro lugar que en las limas moamares cuadradas no se usaba el coz, que sólo era indispensable en la limabordón; la construcción consistiría simplemente en trazar sobre la tabla de la alfarda un trazo normal y por sus extremos otros dos con la cabeza del coz, cuya distancia sería la campana.

La unión de la lima con la alfarda o mangueta se hace, como está indicado en la figura 17, cortando aquélla con la cola del albanécar por la cara y dorso, y normalmente por la cara recta que mira a las alfardas; el punto M en que principia el asiento de la lima se determina por la consideración de que si AD es, en la alfarda AE, el principio de la garganta, y la quiebra, por consiguiente, del paño con el almizate, prolongando AD una media calle AB, por el punto B pasará la quiebra BP de los dos paños, y la lima distará de BP otra media calle BC, de donde:

$$AM = AB \text{ tang } \frac{\gamma}{2} = AB \frac{1 - \cos \gamma}{\text{sen } \gamma} = AB \left[\frac{\sqrt{2}}{\cos \beta} - \frac{1}{\cos \alpha} \right]$$

Arenas reduce esta dimensión a AB $(\sqrt{2} - 1)$, que sería exacta si γ fuese igual a 45°, cometiendo un error tole-

Biblioteca Nacional de España

rable en armaduras cuadradas, únicas en las que es aplicable este método, que resulta así simplificado.

Lo más difícil es determinar la longitud de la lima, lo que se hace en obra del modo siguiente: una regla, EP, se colocaba de modo que, apoyándose en las alfardas, coincidiese por su borde con las barbillas (fig. 17) EG, apoyándose su extremo P en el rincón del estribo; esta regla se llamaba *regla baja* (no hay en este caso *regla alta,* pero sí en las armaduras ochavadas). Se señalaba en ella, por medio de dos trazos de cuadrado, EF, GH, la posición de partoral, y a continuación se hacía el repartimiento de las péndolas; por su extremo se señalaban las dos distancias, PR y RT, cuya longitud es lo que *tiende* la cabeza del albanécar en la media calle; RP representa la mitad de la calle de limas, y TR el lugar de la lima, que formará con la regla el ángulo de la cabeza del albanécar. Señalados en la regla los cuatro trazos EF, GH, TS, RQ, se ajusta el triángulo formado por el partoral, la regla y la lima, sujetando el par y la regla en ángulo recto, colocando la lima en su sitio por arriba, y presentándola bajo la regla en los trazos marcados, señalándola entonces por el borde TR de la regla misma y determinando así su extremidad; el corte TR debe resultar con el ángulo de la cabeza del albanécar.

Del corte por la tabla no dice Arenas una palabra, y es de sospechar que lo hacía a sentimiento; sin embargo, no es difícil de precisar, pues basta trazar la barbilla y la patilla en la forma ordinaria, pero *con el coz de limas y por la tabla de la campana,* dando a la barbilla el mismo largo que a la de las alfardas. El corte no puede determinarse fácilmente por la tabla recta, y esto es, sin duda, lo que desorientaba a Arenas, que, además, como hemos advertido, no usaba el coz en las limas moamares.

Las alfardas del testero no pasan, como sabemos, del nudillo; Arenas advierte que, salvo las extremas, que no pueden efectivamente pasar de ahí, las del centro pueden subirse más arriba, aunque no dice cómo, pues para apoyarse en algo sería preciso poner un segundo nudillo en alguna de las alfardas; si hay una mangueta central, lo que no es frecuente, dice que puede subirse hasta tropezar con la hilera, y esto ya está más claro.

Las péndolas se pueden trazar, como en las armaduras de limabordón, cortándose por la cara y dorso con la cola del albanécar, y por las tablas, con cabeza de cuadrado, puesto que las dos tablas de la péndola y de la lima son normales al plano del paño. Estas péndolas se ensamblan con la lima en la misma forma que las cintas de lazo, de que más adelante nos ocuparemos, y por la parte de la calle de limas fingen prolongarse en otras piezas, llamadas *arrocobas,* que se juntan en el plano medio de dicha calle; como este plano es paralelo a las tablas acampanadas de las dos limas, las arrocobas tienen sus bases paralelas, y una longitud de arista que se medirá por la cola del albanécar en la media calle, y como su corte por la cara es también la cola del albanécar, dicha cara es un rombo. El corte por

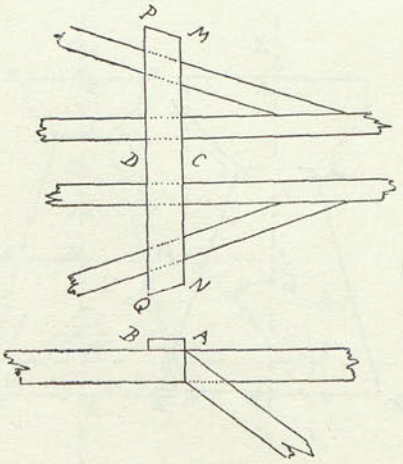


Fig. 22.

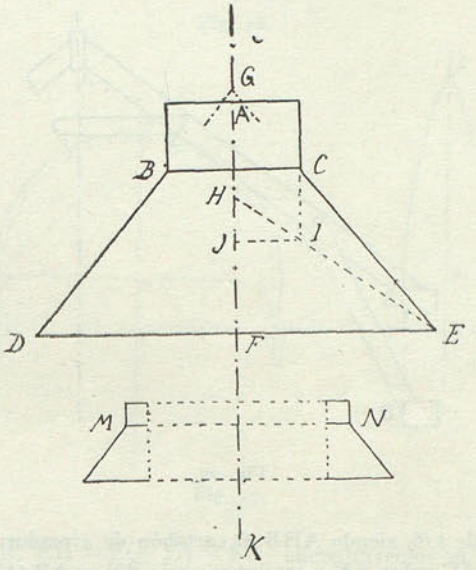


Fig. 23.

la tabla será cabeza de armadura, y no de albanécar, como dice Arenas, puesto que es vertical en obra.

En la figura 18 se representa el desarrollo del intradós de uno de estos techos, que, por no ser sobrado resistentes, llevaban muchas veces encima otras armaduras de "obra prieta" para sostener el tejado.

VII

ARMADURAS OCHAVADAS

Los cuartos de limas de una armadura ochavada (figura 19) OGEH, son iguales a uno de los que se producirían en una estancia oblicua cuyo ángulo de oblicuidad, EFJ, fuese de 45°; el ángulo del albanécar será, por consiguiente:

$$\text{tang}\,\gamma = \text{larg}\,22^{\circ}\,\frac{1}{2}\cos\alpha = (\sqrt{2}-1)\cos\alpha\,.$$

Si trazamos la cambija AGC (fig. 20) en la escala ha-

Biblioteca Nacional de España

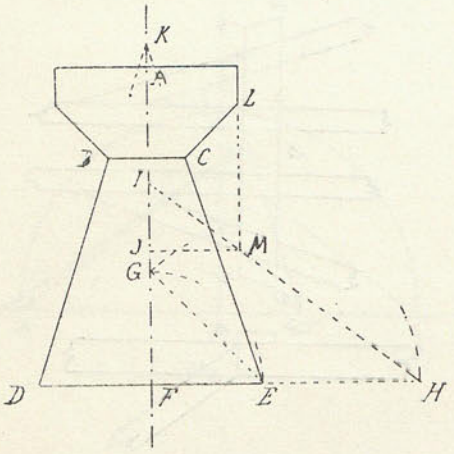


Fig. 24.

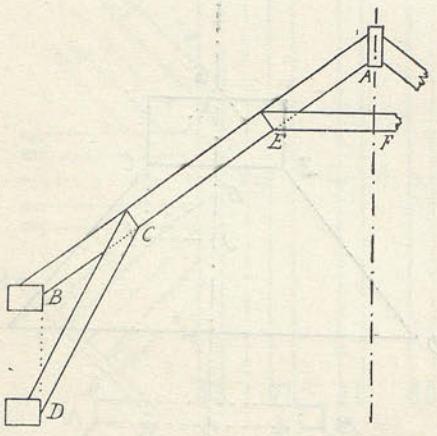


Fig. 25.

bitual de 1/6, siendo AHB el cartabón de armadura, tomaremos AG sobre AN y tendremos así: BN = AB $(\sqrt{2}-1)$; tomando ahora BM = AH,

$$\text{tang NMB} = \frac{BN}{MB} = \frac{AB(\sqrt{2}-1)}{\frac{AB}{\cos\alpha}}$$

$$= (\sqrt{2}-1)\cos\alpha = \text{tang}\,\gamma$$

y el cartabón MBN será el *albanécar ochavado.* Tomando HI = MN, HIB será el *coz de limas ochavado,* que puede también trazarse haciendo BP = BN y tomando IB = AP.

Si se nos diese, caso frecuente, el albanécar MBN, tomaremos BP = BN y NC = NP, con lo que

$$BC = BN(\sqrt{2}+1) = \frac{BN}{\sqrt{2}-1}$$

y si tomamos ahora CH = MB, tendremos el cartabón de armadura BHC.

Si se nos diese el coz, cosa poco verosímil, recordaríamos que BI = AP, lo que nos determina AB, y por consiguiente el cartabón de armadura.

Estas construcciones son bien explicadas por Arenas, pero las erratas acumuladas en las distintas ediciones de su libro, sobre todo en las figuras, las hacen ininteligibles.

Las armaduras ochavadas son de limas moamares y de número par de manguetas, y raras veces son completamente lisas, teniendo adorno de lazo por lo menos en los extremos del almizate, a causa de que, siendo indispensable apeinazarlo, el lazo disimula la aridez del apeinazado simple.

La construcción de estas armaduras se hace del modo siguiente:

En primer lugar, hay que dar al estribo la forma ochavada, lo que obliga a disponer previamente cuadrantes. Hecho el estibado, y colocadas las alfardas principales, que serán lo menos dos, si la estancia es de planta cuadrada y no muy grande, armaremos sobre sus dos nudillos, A, B (figura 21), el harneruelo, dejando en cada ochava del mismo los dos cornezuelos que han de ensamblar con las dos manguetas centrales. Sobre cada dos de ellos, C, D, aplicaremos una regla, cuyo ancho será el grueso de las maderas, MN, señalando su longitud por medio de una cuerda que, fija en el centro del almizate, pase por sus ángulos. La posición futura de esta regla, que forma parte de la construcción con el nombre de *regla alta,* es la de la figura 22 en AB (1), precisamente a partir del vértice A de los cornezuelos, donde se tomó la medida de su longitud; rebatida sobre el plano del dibujo en MNPQ, MN será la longitud medida en obra y los cortes MP y NQ se harán con la cabeza del albanécar; a partir de su línea media CD, se trazan dos medias calles a cada lado, quedando señalado el sitio donde se ha de clavar dicha regla sobre las dos alfardas o manguetas centrales; a partir de sus extremos, se señalan otras dos medias calles con la misma inclinación, y serán los lugares donde la regla se ha de clavar sobre las limas, que, cortadas con la cola del albanécar, han de apoyarse en las alfardas o manguetas, y con este artificio se evita el buscar directamente el lugar donde las limas han de alcanzar por arriba.

La regla baja se prepara del mismo modo, midiendo su longitud en el estribo, señalando sus calles y clavándola, por fin, sobre las manguetas. Estas han sido ante apeinazadas, de modo que, entre las dos, formen un conjunto rígido, que al añadirle las dos reglas, deja perfectamente señalado el lugar de las dos limas; éstas se presentan en su sitio y se señalan, por abajo, por el borde inferior de la regla baja, y por arriba, con la extremidad de la mangueta más próxima.

La lima queda cortada por la parte superior con la cola del albanécar, y por la inferior con la cabeza del mismo por la cara; los cortes de la tabla no son iguales a los de la alfarda, a causa de la inclinación lateral de la lima; es aplicable aquí lo que dijimos de las limas cuadradas, que deben cortarse *con el coz y por la tabla de la campana;* pero Arenas no habla de este punto y quizá usase el cartabón de arma-

(1) Así dice Arenas en su libro, pero en el primer manuscrito coloca la regla del punto *A* hacia arriba; en el fondo, es indiferente.

Biblioteca Nacional de España

dura, que en las limas ochavadas difiere poco del coz. La traza de la campana es aplicable a las limas ochavadas, como ya advierte Arenas.

La parte débil de las armaduras ochavadas es el almizate; después de apeinazado, hay que embarrotarlo por arriba de modo que forme un conjunto rígido; en las estancias alargadas es conveniente subir las manguetas centrales del testero, hasta tropezar con las de las gualderas, proporcionando así apoyo a los extremos del almizate, que servirá a su vez de apoyo a los paños laterales. Por el contrario, en las estancias cuadradas, es más natural hacer los paños iguales, apoyándolos en el almizate rígido, que, como clave de una bóveda, sostiene los paños y es a la vez sostenido por ellos.

Arenas advierte que es conveniente construir los paños ochavados uno por uno para cada ochava, por si éstas no son completamente iguales por defecto de trazado.

Nada dice Arenas de las arrocobas, cuya traza es la misma que en las armaduras cuadradas.

VIII

ARMADURAS CON LAZO

Las armaduras que tienen lazo se trazan partiendo de una *muestra* o dibujo a escala, que, en la colección de Arenas (1), comprende uno de los paños o faldones y la mitad de la parte correspondiente del almizate.

Las muestras cuadradas se componen, según esto, de medio almizate cuadrado, ABC (fig. 23), y del faldón del testero, BCED; si la estancia no es cuadrada se supone dividida la muestra por su eje de simetría, GF, y separadas las dos mitades, M, N, lo que sea preciso; la traza del lazo se continúa hacia el centro, y al reunirse en la línea FK, si la estancia no tiene las proporciones adecuadas, se producirá una irregularidad de traza.

Para utilizar una muestra es preciso deducir de ella el cartabón de armadura, lo que se hace teniendo en cuenta que el triángulo GDF, que se obtiene prolongando DB hasta el eje, es el albanécar; haciendo, pues. EH = FG, tendremos en HEF el cartabón de armadura, y la vertical CI nos dará el lugar del nudillo; pero luego hay que adaptar este cartabón a la escala habitual de 1/6, lo que se hará trazando la cambija a esta escala y construyendo en ella un ángulo igual al encontrado en la muestra y dividiendo proporcionalmente la alfarda por el punto I, de modo que

$$\frac{HI}{HE} = \frac{BC}{DE}.$$

La muestra ochavada se compone igualmente (fig. 24) de medio almizate y un paño, sin perjuicio de aplicarse, como las cuadradas, a estancias alargadas; prolongando EC obtendremos el albanécar KEF, y haciendo sucesivamente

(1) Incluída en el primer manuscrito; muy pocas pasaron al libro "por ser los moldes muy costosos".

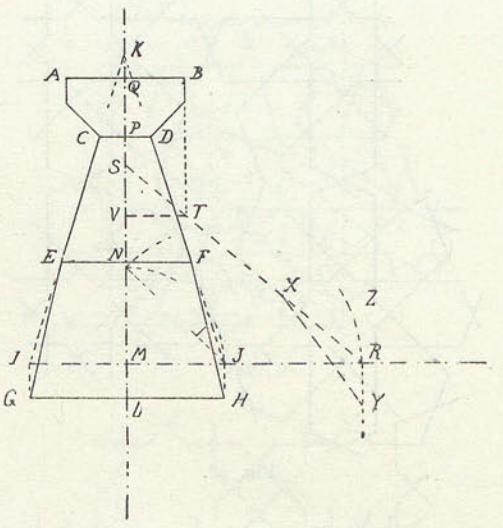


Fig. 26.

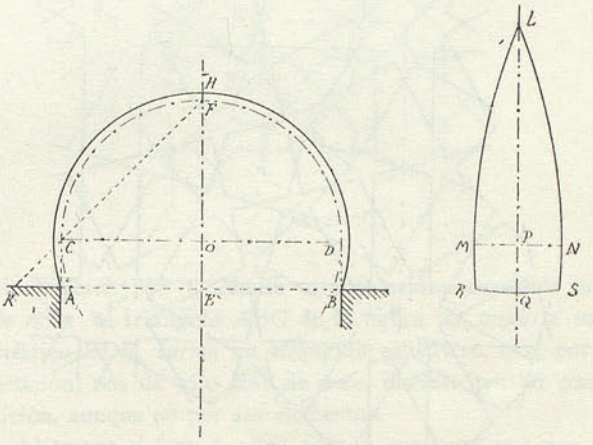


Fig. 27.

FG = FE, EH = EG, HI = FK, encontraremos el cartabón de armadura IHF; la vertical LM nos fijará la posición del nudillo.

El grueso de las maderas se fija por medio de un número entero que consta en la muestra misma y que indica el número de veces que la base del paño DE (figs. 23 y 24) contiene dicho grueso, con la frase expresiva de "entra con 25", por ejemplo, y así sabemos, dividiendo en igual número de partes la longitud real medida en obra, la dimensión de las maderas que han de formar el lazo, encajándolo en el espacio disponible.

Las armaduras de lazo se disponen a veces con quiebras en los paños, formando lo que Arenas llama "un cinco paños", disposición no usada en armaduras lisas. La sección de esta armadura se representa en la figura 25, donde se ve que necesita un doble estribado, B, D, colocado en la misma vertical, y sus elementos se deducen también de una muestra (fig. 26), trazando GI, HJ, paralelos al eje KL, y prolongando CE y DF, con lo que se obtiene el albanécar KJM, que nos permite, haciendo sucesivamente MN = MJ, JR = JM, RS = MK, hallar el cartabón de armadura SRM mientras la vertical BT fija el nudillo.

Biblioteca Nacional de España

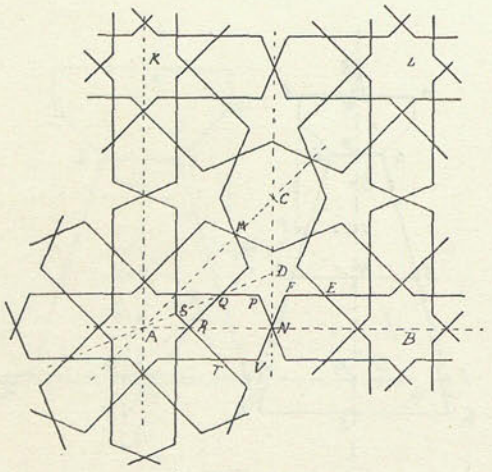


Fig. 28.

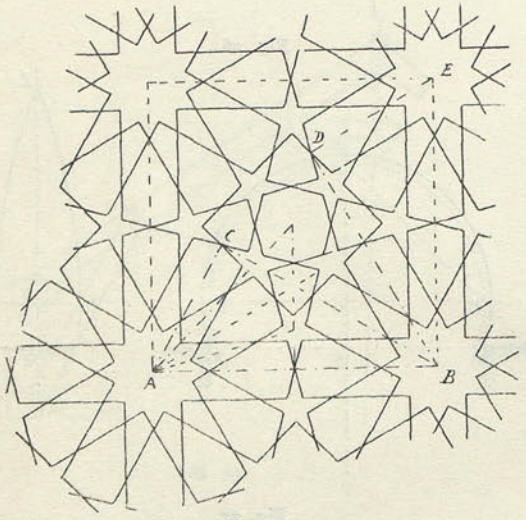


Fig. 29.

Si hacemos ahora TX = PN, tendremos en X el final del primer paño, y haciendo XY = NL, después de trazar la vertical RY y la horizontal XZ, el cartabón del paño inferior, necesario para trazar su patilla: la distancia RY representa la diferencia de altura de los dos estribos.

No explica Arenas la unión de la quiebra C (fig. 25), pero de las figuras parece deducirse que era igual a la de los nudillos con las alfardas, y para trazarla sería preciso un cartabón que nos diera el ángulo que formen ente sí las alfardas BCD con las manguetas del paño inferior.

Menciona Arenas en alguna ocasión el "siete paños", pero sin ocuparse de él especialmente en ningún lugar de sus escritos.

IX

LA MEDIA NARANJA Y LA MEDIA CAÑA

Pocas líneas dedica Arenas a las cubiertas curvas, y en ellas hay bastantes omisiones y errores para creer que la tradición estaba a punto de perderse.

El meridiano de la cúpula o *media naranja* se traza del siguiente modo: si AB (fig. 27) es el ancho de la estancia, dividiéndolo en seis partes, y tomando EO igual a una de ellas, O será el centro de la curva circular, que pasará por A y B. En planta, la media naranja se divide en *cascos* (diez pone Arenas como ejemplo), cuya escasa curvatura permite suponerlos desarrollables; su desarollo se obtiene tomando MN igual a la décima parte (si fueron diez) de la circunferencia y LP a un cuadrante, y trazando arcos circulares, LM y LN, con sus centros en la línea MN: la distancia LQ es el desarrollo del arco AH, que es aproximadamente igual a la recta FK, que, pasando por F y C, y formando, por consiguiente, un ángulo de 45°, termine en el plano de arranques; en efecto,

$$FK = FE\sqrt{2} = \frac{2\sqrt{2}}{3} D = 0{,}94281\ D$$

llamando D al diámetro, que es el ancho de lo estancia; por otra parte el ángulo AOC tiene por tangente 1/3 y vale, por consiguiente, 18° 26′ 5″81, y el arco AM, que es de 90 + 18° 26′ 5″81 = 108° 26′ 5″81, tendrá por desarrollo

$$\frac{108{,}434946}{360}\pi D = 0{,}94627\ D\ ;$$

la diferencia es de 0,00346 por metro del ancho.

Arenas hace uso, para rectificar la circunferencia, de la regla de Arquímedes $\left(\pi = \frac{22}{7}\right)$ y explica además un procedimiento gráfico mucho menos preciso.

En cuanto a la *media caña,* Arenas se limita a decir que los partorales y las limas son elipses de igual eje menor, y que la lima, que es pareada, debe dejar su calle de limas en los ángulos y trazarse por esta razón con campana; ésta es progresiva, anulándose en el copete y teniendo su máximo en la parte inferior, donde alcanza "cola de cuadrado por el grueso".

Llama Arenas a la elipse "arco del hilo" y explica su trazado continuo por medio de un hilo, de donde procede su nombre.

X

EL LAZO

El lazo de la carpintería española "de lo blanco" no es todo el lazo: diferente de él es el de los muebles; diferente el oriental, y diferente también el que practicaba con otros materiales distintos de la madera.

Para explicar clara y rápidamente lo que era el lazo, en la parte que nos interesa, explicaremos primero el de ocho, más fecuente y sencillo, y generalizaremos después.

Reduciendo las maderas a una línea, el lazo de ocho es en esencia lo que se representa en la figura 28. En A y B se forman *sinos* o estrellas de ocho, que están compuestas con dos cuadrados cruzados, cuyo lados se extienden, cruzándose nuevamente, hasta encontrar a los octógonos regulares MN, cuyos lados a su vez se extienden hacia fue-

Biblioteca Nacional de España

ra. El polígono SQ recibía el nombre de *almendrilla;* el RN, el de *azafate,* y el cruce N, común a dos octógonos, recibía el nombre expresivo de *aspilla;* los lados del azafate tenían también su nombre; QR era la *punta* y QP el *costadillo;* por último, el conjunto QPNFE se llamaba *tarabea,* y el polígono estrellado que se forma alrededor del punto D, *candilejo.*

Las estrellas centrales están formadas siempre por líneas pareadas, cuya distancia común será llamada por nosotros *distancia unidad* o simplemente *unidad* del lazo; el octógono que lo encierra, MN, tiene la dimensión precisa para que QP sea igual a PN, con lo cual el azafate tiene sus líneas equidistantes de un punto central; pero en la carpintería se aumentaba, quizá sin darse cuenta, la dimensión QP, para que la distancia entre los dos centros, A y B, fuese de cuatro unidades justas, en vez de 3,91 que resultaría del trazado correcto.

El número de azafates y de almendrillas que se reunen alrededor de la estrella central es de ocho (número del lazo), y los ángulos con que las líneas se cruzan en Q son de 1/8 de la circunferencia; iguales son los ángulos de la aspilla N y el del cruce S, mientras el R es recto. Las líneas de los octógonos MN, prolongadas, no pueden cortarse entre sí más que en ángulos de 90° y 45°, y sólo los ángulos P, donde se unen líneas *interiores* que vienen de la estrella central, con *exteriores,* que forman parte de los octógonos, tienen valor distinto, que es de 112° 1/2.

En general, si n es el índice del lazo, n será el número de azafates y de almendrillas que se reunen alrededor de la estrella o *signo* de n; el ángulo QAN será de $\frac{180°}{n}$ y llamándolo α, los tres cruces, Q, R y S, serán de 2α, 4α y 6α, respectivamente; los cruces exteriores, a partir de la *aspilla,* forman la misma serie, que podrá entonces tener más de tres términos, aumentando cada uno 2α sobre el anterior. Como estos ángulos van aumentando, mientras los primeros son agudos, los últimos serán obtusos, y los mismos cruces se repiten en orden inverso, aunque en disposición diferente, como pasa en la figura 28 con los Q y S. Al explicar la construcción de estos cruces entraremos en más detalles sobre este punto.

El ángulo P no forma parte de estas series y tiene por valor $90° + \alpha$. La distancia AB, si el trazado es correcto, es de

$$\frac{1 + \operatorname{sen}\alpha}{\operatorname{sen}\alpha \cos\alpha}.$$

Al cuadrado ABLK llamaba Arenas *cuartillejo,* y su repetición forma toda la traza.

La aplicación de estos principios al índice 12 nos da la figura 29. Tanto en el lazo de ocho como en el de doce (y en general para cualquiera cuyo índice fuese divisible por 4), la traza se forma por la repetición de un elemento cuadrado, que es el cuartillejo; y las direcciones de las líneas son en número igual al índice del lazo, mitad de ellas formando las estrellas centrales y la otra mitad los polígonos envolventes. Pero el lazo de doce por ser su índice divisible también por 3, admite otra solución, imposible en el de ocho; el triángulo ABC de la figura 29, unido a su simétrico BDE, forma un triángulo equilátero, que, por repetición, nos da otro lazo de doce, distinto por su composición, aunque no por sus elementos.

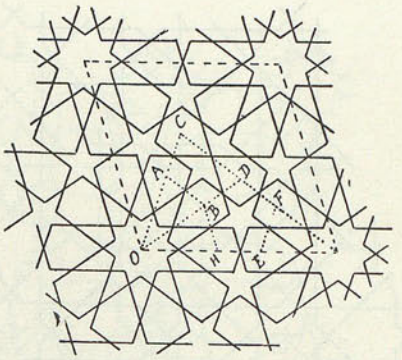


Fig. 30.

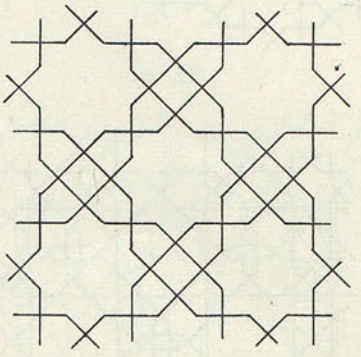


Fig. 31.

Al trazar el lazo de diez, nos encontramos con que, por no ser su índice divisible por 3 ni por 4, no puede disponerse en pauta de triángulos ni de cuadrados, sino únicamente de rombos (fig. 30); el lazo de diez (y en general todos aquellos cuyo índice, siendo par, no es divisible por 4) sólo tiene cinco direcciones de líneas mitad de su índice, por ser paralelas las que forman el decágono envolvente a las de la estrella central; el candilejo de este lazo es además un pentágono regular estrellado, lo que da al lazo de diez un carácter de regularidad mayor que el de ningún otro, y es curioso que la traza entera puede descomponerse, como se ve en la figura 30, en un pentágono, un triángulo y un trapecio, siendo estos dos últimos derivados del primero, puesto que el triángulo OAB equivale al BEF, y el trapecio ABCD al BHED. Es fácil comprobar que los azafates de este lazo son estrellas incompletas, formadas por seis de las diez líneas que forman las centrales; esto no puede ocurrir en los lazos de ocho y de doce, por ser distintas las direcciones de las líneas exteriores e interiores.

Llamaba Arenas azafate *redondo* al de las figuras 28 a 30, y, en contraposición, *harpado* al de las figuras 32 y 33, que se deriva de la estrella central por supresión de algunas de sus puntas; por esta razón, en el azafate harpado el costadillo es igual a la punta.

Biblioteca Nacional de España

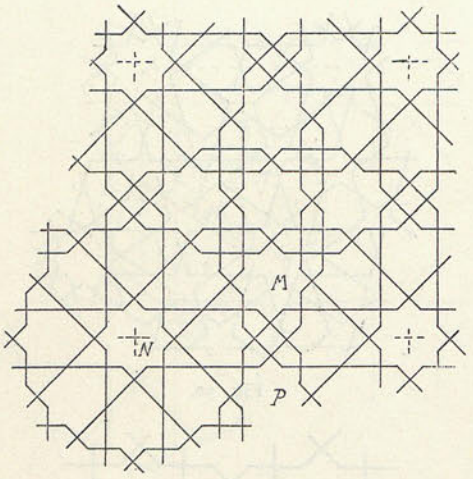


Fig. 32.

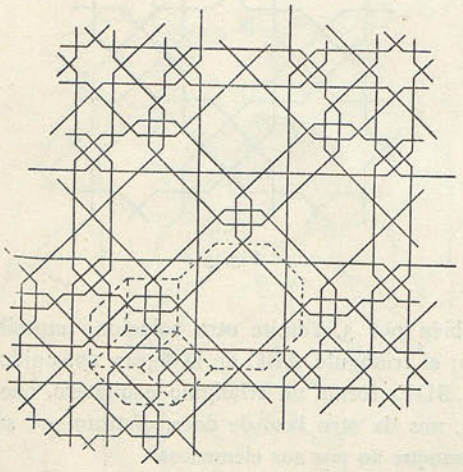


Fig. 33.

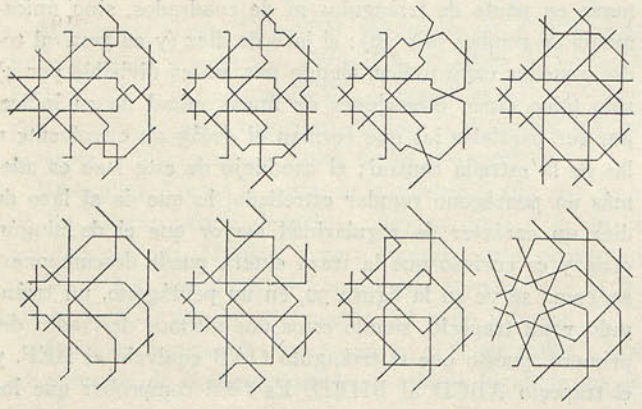


Fig. 34.

Los lazos de ocho, harpados, parecen derivarse de la traza número 31, formada exclusivamente por estrellas de ocho, con el propósito de repetir ocho de ellas alrededor de otra, lo que exige la supresión de la parte incompatible entre cada dos de estas estrellas.

Aparte de las numerosísimas trazas que se derivan de la número 31 por aligeramientos de sus líneas que agrandan el campo, como veremos más adelante en sus aplicaciones, el lazo harpado propiamente dicho, es decir, provisto de sus ocho azafates alrededor de la estrella central, produce trazas que se pueden estimar derivadas de las números 32 y 33 por simplificaciones, variaciones o ampliaciones sucesivas, y además otras muchas de extensión indefinida, por composición libre sin repetición, formando un sistema decorativo de gran flexibilidad y riqueza. La figura 34 presenta algunos ejemplos de variación de la parte central de esta clase de trazas, aplicable a cualquiera de ellas; el último caso, al girar todo el centro 22° 1/2, forma un lazo redondo, que, encerrado en un octógono de $1+2\sqrt{2}=3{,}82$, tiene sus azafates alargados en la medida resultante

$$\left(3{,}82 \text{ en lugar de } \frac{1+\operatorname{sen} 22^{\circ}\frac{1}{2}}{\operatorname{sen} 22^{\circ}\frac{1}{2}}=3{,}612.\right)$$

Por otra parte, estas trazas, que pudiéramos llamar de líneas completas (figs. 32 y 33), se pueden dividir en tres elementos: un rombo, un cuadrado y un octógono; el cuadrado sólo forma al traza de la figura 31; con el rombo, forma la 32 y las que de ella se derivan, y con el octógono, la serie derivada de la figura 33; la composición libre se obtiene con los mismos elementos hábilmente combinados.

Las trazas de lazo de ocho harpado tienen sus líneas en cuatro direcciones, y a las distancias de unidad, $\sqrt{2}$, la suma $\sqrt{2}+1$ y la diferencia $\sqrt{2}-1$, y como Arenas suponía que $\sqrt{2}=\frac{7}{5}$ (en realidad 1,4142), todas las distancias pueden expresarse en quintos de la unidad del lazo, puesto que, siendo de la forma $a+b\sqrt{2}$, se reducen a $\frac{5a+7b}{5}$.

El lazo de ocho harpado es genuinamente español, y sus ejemplos son numerosísimos, lo mismo en la carpintería que en otra artes (1).

El lazo de doce da lugar a un sistema de trazas harpadas análogo al de ocho, pero mucho menos desarrollado. La traza que le sirve de base es la de la figura 35, formada por estrellas de doce, unas completas, que forman los centros, A, B, y otras incompletas, como son las C, E; esta traza se modifica prolongando las líneas de la mitad de las estrellas (fig. 36) centrales, con lo que las que eran estrellas incompletas se convierten en azafates harpados, salvo en C, donde, por no caber los dos azafates, se suele intercalar una aspilla ajena al trazado. La distancia de las estrellas A y B es en la figura 35 de

$$\frac{1}{\operatorname{sen} 15^{\circ}}=\sqrt{2}+\sqrt{6}=3{,}863$$

y en la figura 36, de

$$(\sqrt{2}+\sqrt{6})\sqrt{2}=2+2\sqrt{3}=5{,}464\,.$$

(1) Especialmente en el alicatado, donde la cinta es el $\frac{1}{5}$ de la unidad, y así todas las dimensiones son múltiplos de ella.

Biblioteca Nacional de España

Si las estrellas cuyas líneas se prolongan son sólo la cuarta parte de las de la figura 35, o la mitad de las de la figura 36, obtenemos la figura 37, en la que caben los doce azafates harpados y los correspondientes candilejos, que son otras tantas estrellas incompletas; la distancia entre sus estrellas, A, B, es doble de la de la figura 35.

Otra disposición de los mismos elementos produce la traza de la figura 38, que, por destacar las líneas del cuartillejo, se aplica más fácilmente a las obras de carpintería, como tendremos ocasión de comprobar; la distancia de sus estrellas es

$$AB = 2AC \cos 15^\circ = 2 \operatorname{cat} 15^\circ = 4+2\sqrt{3} = 7{,}464.$$

Las trazas de las figuras 36 y 38 permiten una adaptación a pauta triangular, que no es posible en las de las figuras 35 y 37. También aquí, como en el lazo de ocho, pueden existir trazas de composición libre, como la de la figura 39, de pauta rectangular, compuesta con elementos de las anteriores.

El lazo de diez harpado podría ser lo que representa la parte A de la figura 40; pero, estando los azafates harpados compuestos con las mismas líneas que los redondos, pueden transformarse unos en otros, y así las mismas líneas de la parte A de la figura forman la B, parte esencial de un alicatado marroquí, y la D, parte esencial de varios techos artesonados españoles, en las cuales los azafates harpados han desaparecido por completo, así como la C, en la que reaparecen en lugar distinto. La parte C de la figura 40 se compone de los mismos elementos que la figura 30, mientras en las A, B, D aparece otro rombo, reminiscencia de una traza exclusivamente de estrellas, que efectivamente existe en Oriente, pero que no llegó a tomar carta de naturaleza en España.

Los tres índices, 8, 10 y 12, son los únicos que en trazas simples, o de un solo índice, se encuentran aplicados en las obras de carpintería española.

XI

LOS LAZOS MIXTOS

Los tracistas orientales se esforzaron en agotar las combinaciones posibles, relacionando estrellas de todos los índices, dentro y aun fuera (1) de las posibilidades geométricas; pero sólo una parte de estas producciones llegó a España, y aun, entre ellas, no todas se aplicaron a la carpintería.

Entre las utilizadas hemos de citar en primer lugar el lazo de nueve y doce, que es el que ha conservado mejor su carácter original, copiándose sin alteración durante varios siglos. En esta traza (fig. 41), las estrellas de doce

(1) Se llega a formar una *Geometría aproximada*, en la que aparecen realizadas construcciones imposibles a favor de ligerísimas desviaciones de las líneas que escapan a la vista.

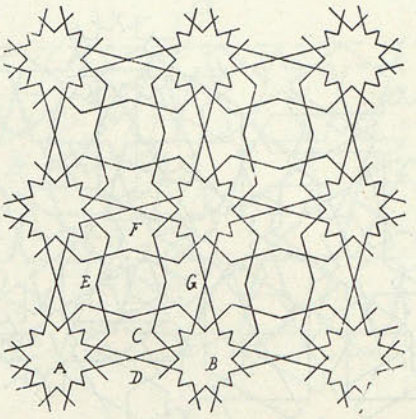


Fig. 35.

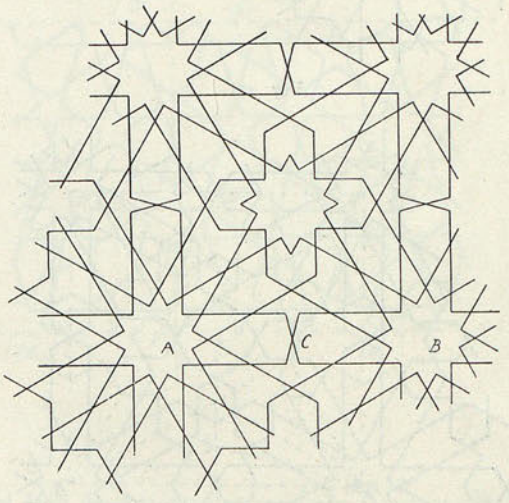


Fig. 36.

ocupan los vértices de una pauta de triángulos equiláteros, mientras las de nueve se alojan en el centro de cada triángulo, rodeando seis de ellas a cada una de las de doce; la estrella de nueve, con sus azafates, está trazada correctamente, añadiendo una calle unidad, HL, donde, entre E y F, se trazan otros dos azafates de nueve, iguales a los del centro, que, por no ocupar todo el espacio que la prolongación de las líneas determina, dejan en R un pequeño rombo; los puntos P, E, así obtenidos, equidistan de A, lo que permite, por la simple prolongación de las líneas, formar la estrella de doce con sus azafates alargados y con aspillas de nueve.

En efecto, la corrección del lazo de nueve hace que, trazando ST paralela a PH, y TJ paralela a VE, los figuras PV, VH y HE sean rombos iguales, y por ser iguales los ángulos en S, T, J, las normales en P, V, H y E concurrirán en un punto, N, que estará, por consiguiente, en la bisectriz AN, y AP será igual a AE: el candilejo resulta así simétrico respecto a AN.

Como DR es igual a 1/2 DA, tendremos:

$$DA = 2 + \frac{1}{\operatorname{sen} 20^\circ} \quad \text{y} \quad AC = \left(2 + \frac{1}{\operatorname{sen} 20^\circ}\right)\sqrt{3}\ .$$

Biblioteca Nacional de España

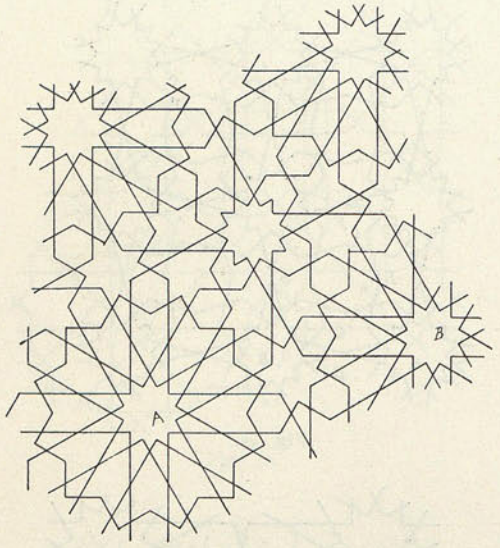


Fig. 37.

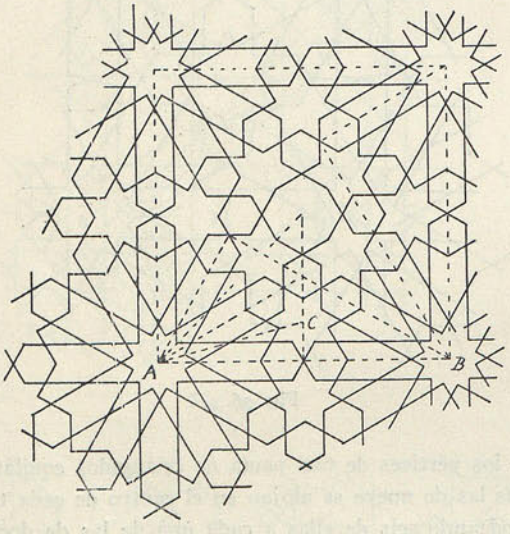


Fig. 38.

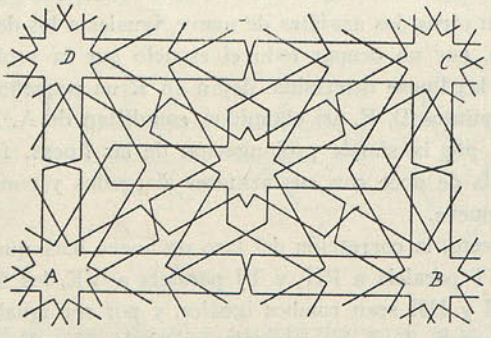


Fig. 39.

Para encajar el lazo en un triángulo dado, ABC, fijaremos el punto P donde se sitúa la aspilla, trazando las líneas AM, AN, que forman con AD el ángulo del lazo de doce, $\frac{180}{12} = 15^{\circ}$, y las DM, DN, que forman el de nueve, $\frac{180}{9} = 20^{\circ}$; los puntos M, P, N estarán en una línea recta normal a AD.

Este lazo puede adaptarse (fig. 42) a pauta cuadrada.

El lazo de ocho y dieciséis, adoptado y modificado en España más fácilmente, por su relación con el lazo español por excelencia, que es el de ocho, se traza de un modo parecido al de nueve y doce, sólo que en pauta cuadrada; construída normalmente la estrella de ocho en E (fig. 43), con sus azafates, y repetidos cuatro de éstos en J, deducimos como antes la igualdad de AP y AR y la posibilidad de formar en A un lazo de dieciséis con sus azafates alargados y terminados por aspillas de ocho; en F sobra espacio para los dos azafates, y se disimula el defecto con un enlace de ocho harpado, solución propia de carpinteros, por adaptarse a la continuidad y normalidad de las maderas.

$$\text{Como } ES = 1 + \frac{1}{2 \operatorname{sen} 22^{\circ}\frac{1}{2}}, \quad AE = \frac{1 + 2 \operatorname{sen} 22^{\circ}\frac{1}{2}}{2 \operatorname{sen}^2 22^{\circ}\frac{1}{2}} \frac{1}{2} =$$

$$= \left(1 + 2 \operatorname{sen} 22^{\circ}\frac{1}{2}\right)(2 + \sqrt{2})$$

y

$$AD = 2(\sqrt{2} + 1)\left(1 + 2 \operatorname{sen} 22^{\circ}\frac{1}{2}\right) = 8{,}524 .$$

Con fecuencia la proporción de este lazo resulta alterada, pues hay una ventaja evidente en hacer a AD igual a ocho unidades, para adaptar la traza a la equidistancia de las maderas; el resultado de este acortamiento es, no sólo acortar todos los azafates tanto de ocho como de dieciséis, sino desigualar éstos, de modo que el AR resulte más corto que el AP, si bien la diferencia es bastante pequeña para haber pasado inadvertida por los trazistas.

Esta misma traza se desarrolla tomando la diagonal BD por lado del cuartillejo, como en la figura 44, con lo cual los azafates de dieciséis se trazan más libremente rodeándose de otros tantos de ocho; el espacio restante se llena con elementos de lazo de ocho harpado, los cuales ejercen una atracción tanto mayor cuanto que el lazo de dieciséis resulta aislado dentro del de ocho, de modo que estas trazas pueden considerarse como trazas de ocho con elementos de 16 intercalados. El hecho es indudable en ciertas trazas de composición libre, en las que los elementos de dieciséis sirven para destacar puntos notables (1).

La dimensión correcta de AB es, como ya sabemos, de

$$2(2 + \sqrt{2})\left(1 + 2 \operatorname{sen} 22^{\circ}\frac{1}{2}\right) = 12{,}0546;$$

pero el ocho harpado impone una dimensión de

$$6 + 4\sqrt{2} = 11{,}6568$$

con los consabidos defectos.

---

(1) Este sistema se desarrolla después en los alicatados marroquíes, añadiendo estrellas de 24, 32 y 40.

Biblioteca Nacional de España

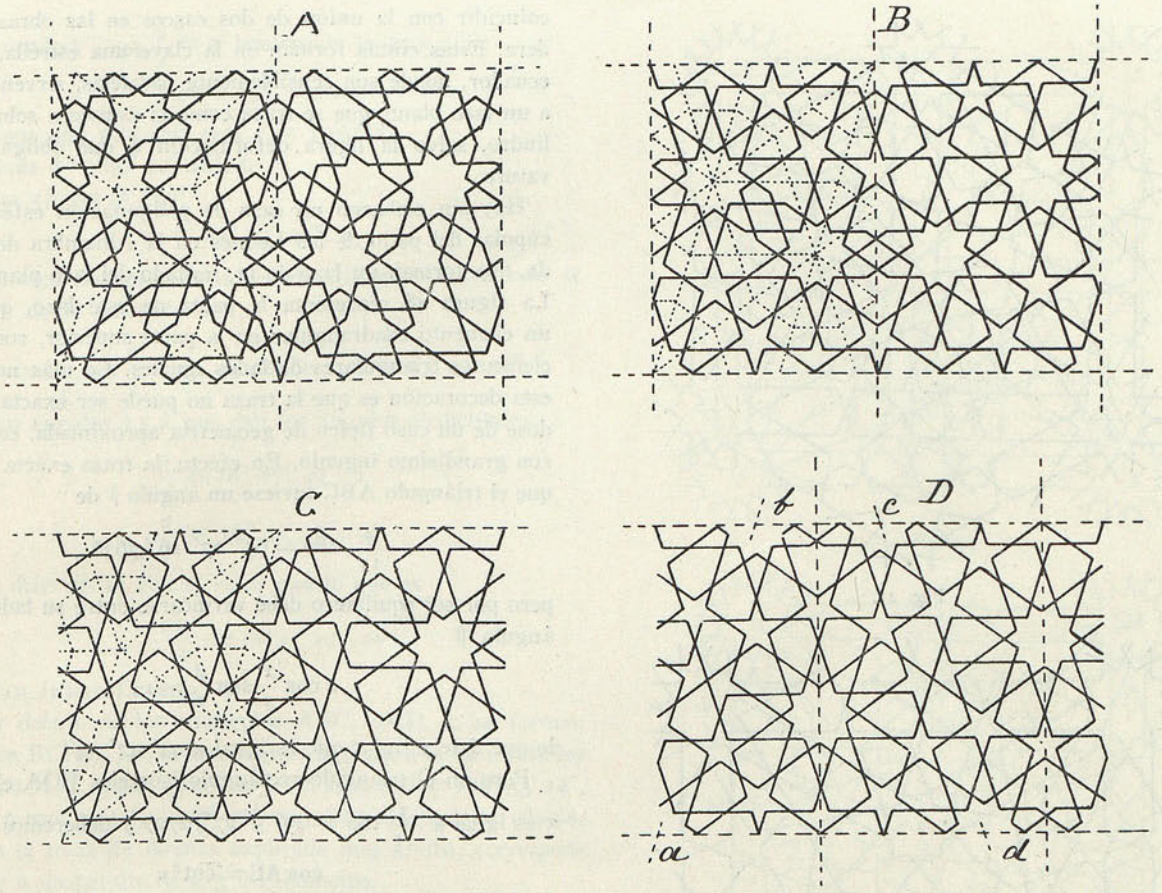


Fig. 40.

Otra disposición diferente del lazo de ocho y dieciséis es la de la figura 45, en la que la estrella de dieciséis se relaciona por medio de la de ocho, situada en E, de modo que el triángulo AES es reproducción del que se señala con las mismas letras en la figura anterior, por lo cual

$$AS = AE \cos 22^{\circ}\frac{1}{2} = (\sqrt{2}+1)\left(1+\sqrt{2}\cos 22^{\circ}\frac{1}{2}\right) = 5{,}568$$

Se altera también esta traza tomando por lado del cuartillejo la diagonal AC, con lo que se llega a la figura 46 donde se forma en el centro un octógono, DC, con la dimensión

$$DC = AD\ (2\cos 22^{\circ} - 1) = \sqrt{2}\left(1+\frac{1}{\operatorname{sen} 22^{\circ}\frac{1}{2}}\right)$$

Esta traza forma la base del techo del salón de Comares en la Alhambra, variándose la disposición del octógono central de los cuartillejos.

El lazo de diez y veinte, que parece ser creación de los carpinteros españoles, se forma (fig. 47) disponiendo las estrellas de diez en forma de decágono regular y prolongando las líneas hacia el centro, donde se intercalan las necesarias para formar el de veinte; puesto que AE = AF es en el lazo de diez igual a $\frac{1+\operatorname{sen} 18^{\circ}}{2\operatorname{sen} 18^{\circ}\cos 18^{\circ}}$, la distancia AB será

$$\frac{1+\operatorname{sen} 18}{2\operatorname{sen}^2 18^{\circ}\cos 18^{\circ}} = 7{,}207$$

El candilejo de este lazo no es simétrico como los de los dos anteriores, porque la aspilla E está sobre la línea CD en vez de estar sobre GH. Esta traza se encuentra con frecuencia en los techos de lazo de diez compuestos libremente cuando sus dimensiones lo permiten.

Las escasísimas aplicaciones de los lazos de siete y catorce, que, según Arenas, sólo sirven para adornar tirantes, y de ocho y doce, nos permiten prescindir de su explicación, que, por otra parte, no nos enseñaría nada nuevo.

XII

LAZOS ESFERICOS

No es de suponer que los tracistas supieran geometría esférica más que de un modo empírico, pero supieron aprovecharla en la decoración exterior e interior de las cúpulas.

Esta decoración se forma generalmente con cintas pareadas, cuya línea media es un meridiano de la cúpula, y suele

Biblioteca Nacional de España

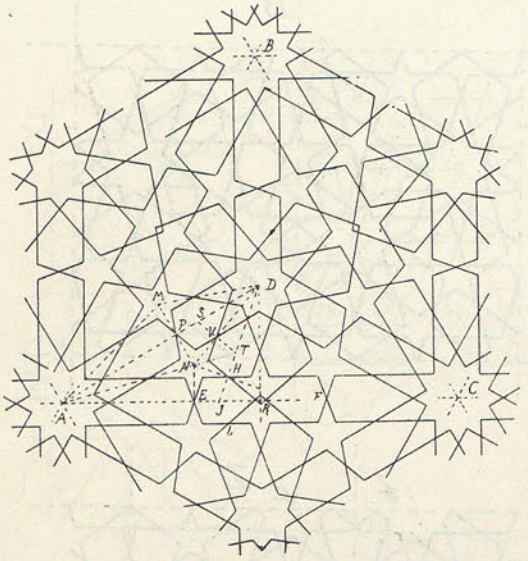


Fig. 41.

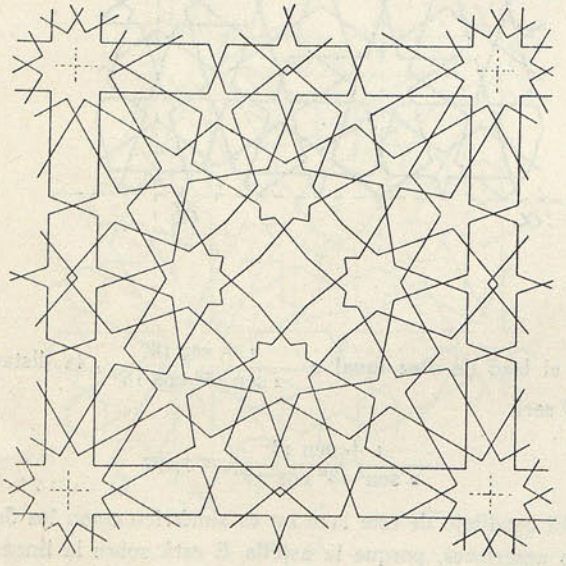


Fig. 42.

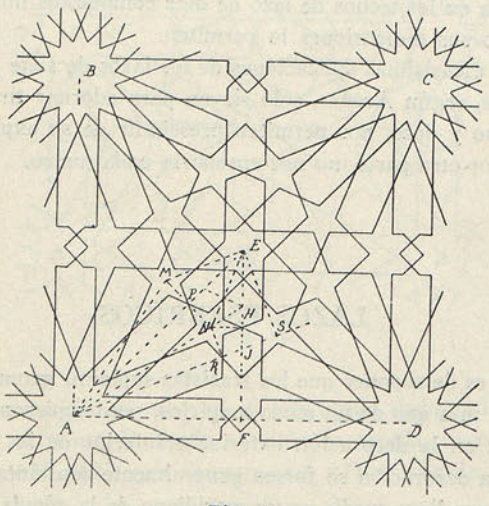


Fig. 43.

coincidir con la unión de dos cascos en las obras de madera. Estas cintas forman en la clave una estrella, y en el ecuador, donde son sensiblemente paralelas, sirven de base a un lazo plano, que se traza como si estuviese sobre un cilindro, salvo la ligera deformación a que obliga la curvatura.

Hay sin embargo un caso de poligonación esférica: las cúpulas del patio de los Leones en la Alhambra de Granada, que forman un lazo de 11, imitado del lazo plano de 12. La figura 48 representa la pauta de este lazo, que tiene un elemento cuadrangular en la parte superior, rodeado de elementos triangulares de lados iguales. Lo más notable de esta decoración es que la traza no puede ser exacta, tratándose de un caso típico de geometría aproximada, compuesto con grandísimo ingenio. En efecto, la traza exacta exigiría que el triángulo ABC tuviese un ángulo β de

$$\frac{4}{11}\ 180 = 65^\circ\ 27'\ 16'',3636...$$

pero por ser equilátero debe verificarse entre su lado x y su ángulo β

$$2\cos\frac{x}{2}\operatorname{sen}\frac{\beta}{2} = 1\ ,$$

lo que determina x que es igual a $44^\circ\ 42'\ 54''$

Pero en el triángulo rectángulo isósceles EOA el ángulo α es igual a $\frac{3}{11}\ 180 = 49^\circ\ 5'\ 27'',2727$ y deberemos tener:

$$\cos AE = \cot^2\alpha$$

de donde:

$$AE = 41^\circ\ 20'\ 15'',41$$

arco que no es igual a x como debiera.

Para llegar a una solución práctica hay que partir de la necesidad de que si POR... es la sección por el plano diametral horizontal, el triángulo ABC quede comprendido en el POQ, birectángulo en P y Q y con un ángulo de 45° en O, porque sólo así se formará la red de triángulos equiláteros alrededor de la esfera: el triángulo OBN rectángulo en N con el ángulo en O igual a 45°, y el ángulo en B igual a β, nos da

$$\cos BN = \frac{\sqrt{2}}{2\operatorname{sen}\beta}$$

y al mismo tiempo el BAN, mitad del equilátero ABC,

$$\cos BN = \frac{\cos\beta}{\operatorname{sen}\frac{\beta}{2}}$$

de donde deducimos

$$\sqrt{2}\operatorname{sen}\beta\cos\beta = \operatorname{sen}\frac{\beta}{2}$$

o

$$2\sqrt{2}\cos\frac{\beta}{2}\cos\beta = 1$$

y en fin

$$2\sqrt{2}\cos\frac{\beta}{2}\left(2\cos^2\frac{\beta}{2} - 1\right) = 1\ .$$

Biblioteca Nacional de España

Haciendo $\sqrt{2}\cos\frac{\beta}{2} = z$ tendremos la ecuación:

$$2z^3 - 2z - 1 = 0$$

que tiene una sola raiz real $z = 1{,}191487$
de donde $\beta = 65^\circ\ 11'\ 16'', 6$
y como $2\beta + \alpha = 180^\circ$

$$\alpha = 49^\circ\ 37'\ 26'', 8$$

Tenemos así formada la red de triángulos cuyo lado se deduce de la ecuación

$$2\cos\frac{x}{2}\,\mathrm{sen}\frac{\beta}{2} = 1 \quad \text{de donde} \quad x = 43^\circ\ 41'\ 28''$$

y cuyos ángulos α y β nos dan los ángulos elementales

$$\frac{\beta}{4} = 16^\circ\ 17'\ 49'', 1$$

$$\frac{\alpha}{3} = 16^\circ\ 32'\ 28'', 9$$

cuyas diferencias con el valor exacto que es

$$\frac{180}{11} = 16^\circ\ 21'\ 49'', 09$$

resultan insignificantes.

Por debajo de los triángulos ABC, ACD, ... se forman aún los BCH, CJD, ... terminando la traza a la altura de los vértices H, J, ... que distan de O un arco $OH = 104^\circ\ 33'\ 14''$, poco menor que los $108^\circ\ 26'$ que debe alcanzar la cúpula, según la traza de Arenas explicada más arriba, correspondiente a un peralte de 2/3 del diámetro.

El triángulo HCJ tiene una composición análoga a la del EAF, con el que tiene de común el ángulo en C, igual a 2α y los lados CH y CJ iguales a x, con la única diferencia de no ser HJ un arco de círculo máximo; el HBK tiene en B un ángulo de $360 - 5\beta = 39^\circ\ 3'\ 37''$, que nos da dos ángulos elementales de $17^\circ\ 1'\ 48'', 5$, ligeramente superiores al valor exacto.

XIII

LAS ENSAMBLADURAS DEL LAZO

El lazo se construye con maderas, de las que forman parte los nudillos y las alfardas, a las que se impone así una dimensión: son todas estas piezas de sección rectangular, y su cara está labrada con estrías longitudinales, que son por lo menos tres, una en el centro y dos cerca de los bordes; cuando son más forman siempre tres grupos en la situación dicha.

Las ensambladuras se forman dividiendo la pieza, por su altura, en cuatro partes, que convencionalmente supondremos iguales; la parte A (fig. 49) correspondiente a la cara, es la que finge el lazo, la C es la que forma la verdadera ensambladura a caja y espiga, y las B y D conservan la forma de la pieza, visible por el revés de la construcción.

La ensambladura de la parte A se hace dividiendo el ancho de la pieza en tres zonas; dos laterales de 1/3 ó 1/4 del ancho, unidas a inglete (fig. 50), y otra central que finge un entretejido de las piezas, como si cada una pasase alternativamente por encima y por debajo de las que va encontrando; las estrías laterales acusan el inglete, mientras las centrales señalan el enlace.

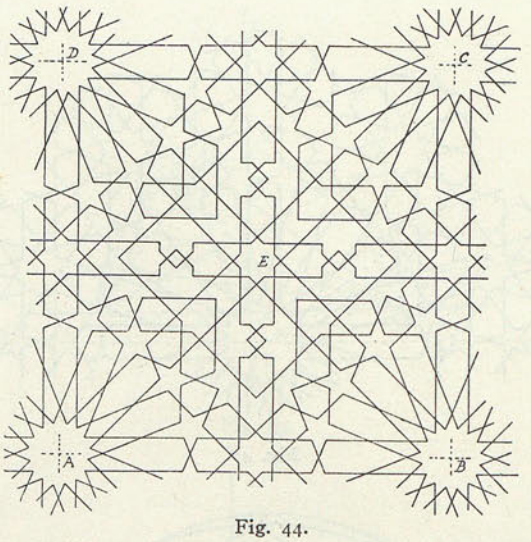


Fig. 44.

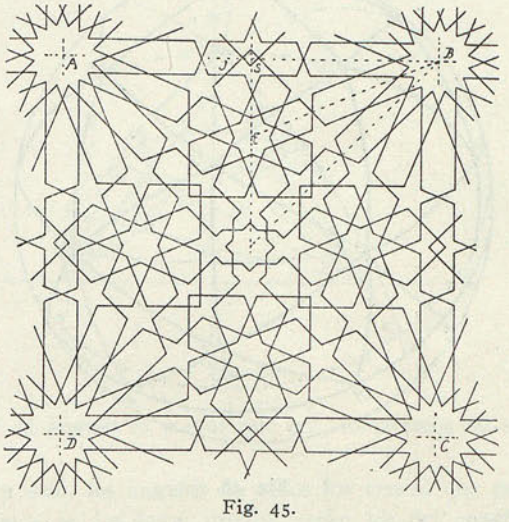


Fig. 45.

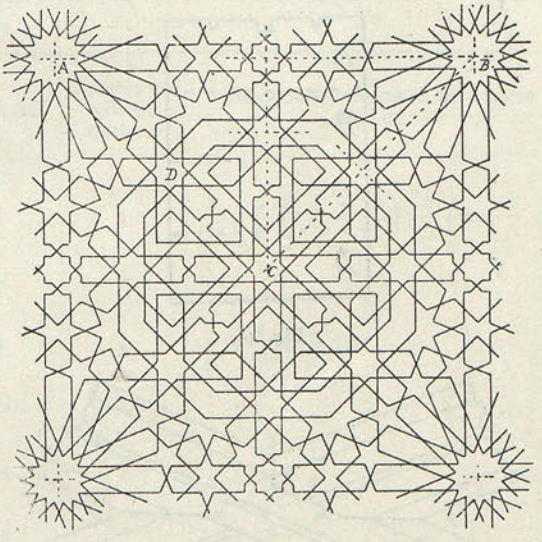


Fig. 46.

Biblioteca Nacional de España

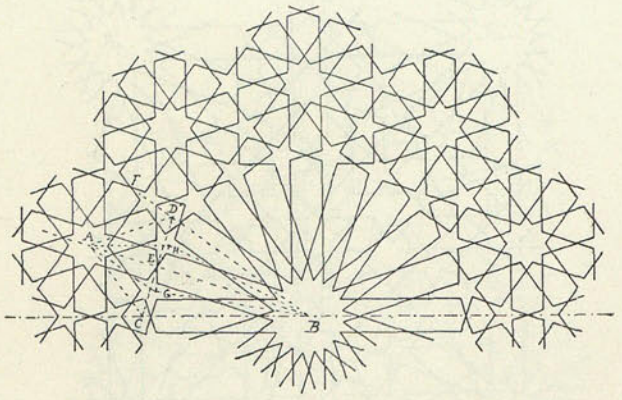


Fig. 47.

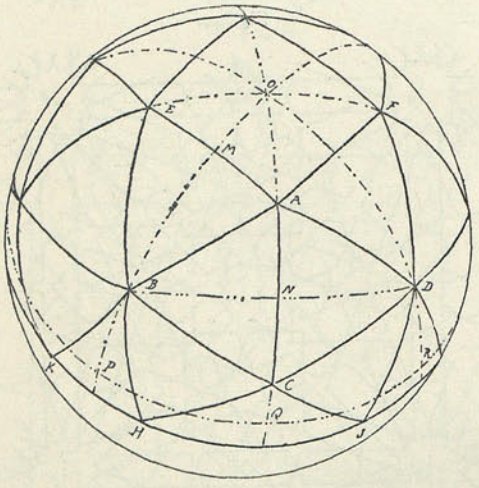


Fig. 48.

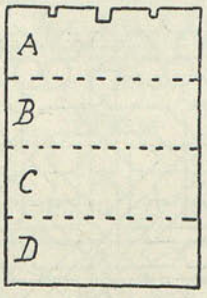


Fig. 49.

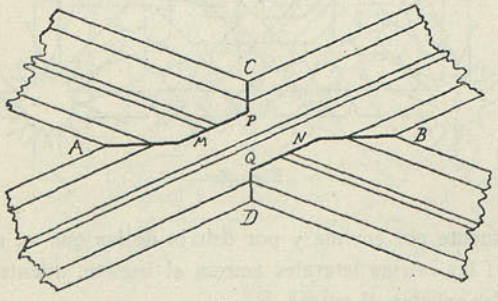


Fig. 50.

Pero esta ensambladura del lazo no siempre se corresponde con la verdadera ensambladura, oculta en la zona C de la pieza (fig. 49), pues la misma apariencia exterior de la figura 50 puede obtenerse (fig. 51), bien conservando la pieza A y uniendo a ella dos peinazos, B, C, bien, por el contrario, conservando la M, mientras los peinazos N, P, fingen continuidad, repartiendo entre ambos el rombo central MNPQ de la figura 50, que queda dividido por su diagonal menor. En la parte rayada de las piezas (fig. 51) ha desaparecido toda la parte A de la figura 49, que se completa con los peinazos.

La ensambladura de la parte C (fig. 49), se hace a caja y espiga y ésta se reparte entre los dos peinazos, dividiendo el rombo ABCD (fig. 50) por su diagonal menor, como se ve en la figura 52, en la que se supone la pieza vista por debajo.

Para trazar la unión de la figura 50 hace falta señalar sobre cada pieza el rombo ABCD y sus diagonales AB, CD; esto se hace por medio de cartabones, y en cada unión se necesitan generalmente dos; el primero dará el ángulo CAD de las piezas, que si es menor que 45°, será el que dé nombre al cartabón, o sea su *cola;* el segundo será entonces el que dé los ángulos complementarios CAB y ACD, de los cuales el primero es mitad del CAD. Si el ángulo CAD es mayor que 45°, será la cabeza del primer cartabón, y como éstos se designan por su cola, el segundo no será ya el cartabón mitad, sino su *ataperfiles,* llamándose así al cartabón cuyo ángulo menor es la mitad del mayor del que le da origen.

Esta disposición de las ensambladuras, que es de uso general en España, salvo algún caso en que falta el inglete lateral, es por el contrario excepcional en Oriente, donde falta generalmente la zona central del enlace, quedando únicamente los ingletes.

En época tardía suele alterarse la disposición usual, formándose los ingletes con una moldura lateral rebajada o con un listón postizo en relieve, alterándose en ambos casos la uniformidad del plano, que es de rigor en la buena época.

XIV

LOS CARTABONES

Los ángulos de cruce posibles entre todas las líneas de un lazo son los que forman la serie:

$$2\alpha,\ 4\alpha,\ 6\alpha,\ \ldots$$

a más del inglete P de la figura 28; éste necesita un cartabón que nos dé el ángulo $\frac{QPN}{2} = \frac{90^\circ + \alpha}{2}$, que será su cabeza; su cola será, por consiguiente, $\frac{90^\circ - \alpha}{2}$, mitad de la cabeza $90^\circ - \alpha$ del cartabón cuya cola es α: este último era llamado *cartabón de n,* por tener por cola la n^a parte de los 180°, y el primero, por esta razón, *ataperfiles de n.*

Los necesarios para los cruces de las piezas serán en más

Biblioteca Nacional de España

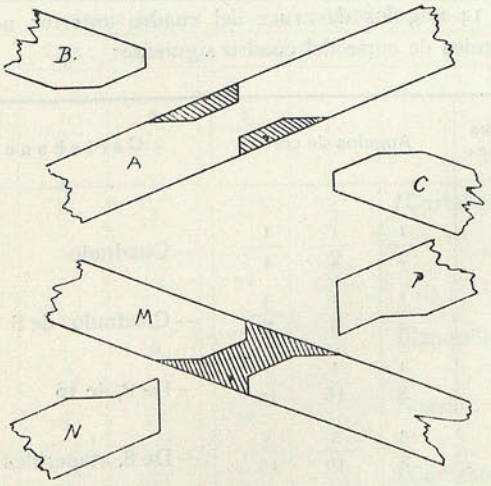


Fig. 51.

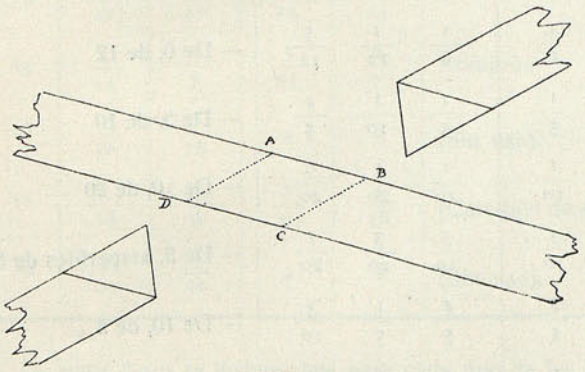


Fig. 52.

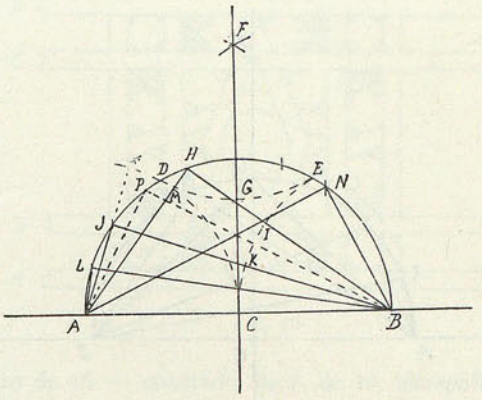


Fig. 53.

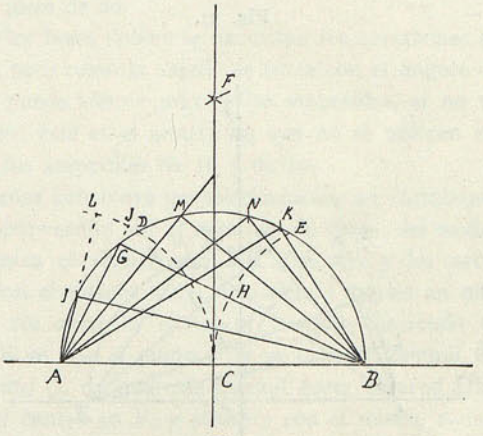


Fig. 54.

o menos número, según las condiciones del índice n que da nombre al lazo, formando un conjunto que Arenas sabía de memoria, y no bien, pero que se puede restablecer con facilidad.

Cuando el número n es divisible por 4, el número total de cruces posible es $\frac{n}{2} - 1$, pero el que hace el número de orden $\frac{n}{4}$ es recto, y los demás se repiten a partir de éste en orden inverso; el número total de cruces distintos es, pues, de $\frac{n}{4}$.

Si el número n es simplemente par, el número de cruces posibles es también de $\frac{n}{2} - 1$, pero no hay ángulo recto; la mitad de los cruces es igual a la otra mitad y habrá $\frac{n-2}{4}$ diferentes.

Si n es impar, el número de cruces posibles es de $\frac{n-1}{2}$ y son todos diferentes; su número es igual al del lazo de $2n$.

Cuando lo ángulos de la serie

$$2\alpha,\ 4\alpha,\ 6\alpha \ldots$$

son menores que 45°, hace falta para cada corte el cartabón de igual ángulo y el de ángulo mitad: si el ángulo es mayor que 45° y menor que 90°, hace falta un cartabón cuya cabeza sea el ángulo de corte y su ataperfiles, y por último, si el ángulo es mayor que 90°, tomaremos su suplemento.

Según esto, los ángulos de todos los cruces que pueden presentarse en los lazos usuales serán los del cuadro siguiente:

N.º del lazo	Número de cruces distintas	Angulos de las cruces medidas en partes de 180°
7	3	$\frac{2}{7}, \frac{4}{7}\left(=1-\frac{3}{7}\right), \frac{6}{7}\left(=1-\frac{1}{7}\right)$
8	2	$\frac{1}{4}, \frac{1}{2}$
9	4	$\frac{2}{9}, \frac{4}{9}, \frac{2}{3}\left(=1-\frac{1}{3}\right)$
10	2	$\frac{1}{5}, \frac{2}{5}$
12	3	$\frac{1}{6}, \frac{1}{3}, \frac{1}{2}$
14	3	$\frac{1}{7}, \frac{2}{7}, \frac{3}{7}$
16	4	$\frac{1}{8}, \frac{1}{4}, \frac{3}{8}, \frac{2}{2}$
20	5	$\frac{1}{10}, \frac{1}{5}, \frac{3}{10}, \frac{2}{5}, \frac{1}{2}$

Biblioteca Nacional de España

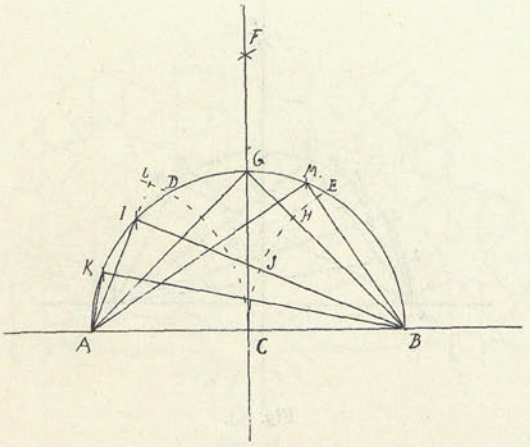


Fig. 55.

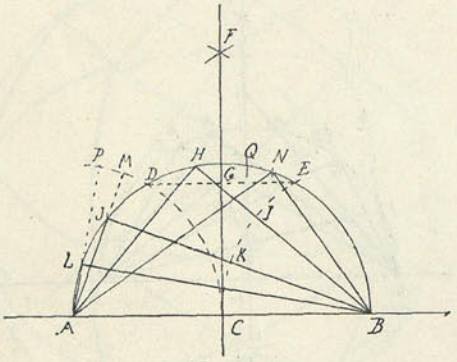


Fig. 56.

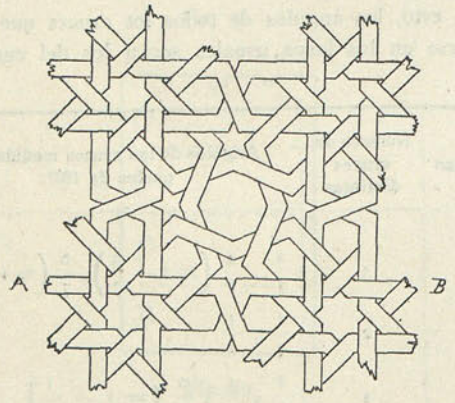


Fig. 57.

Los 14 ángulos de cruce del cuadro anterior necesitan los ángulos de corte del cuadro siguiente:

Angulos de cruce	Angulos de corte			Cartabones
1/2	1/2	1/4	1/4	— Cuadrado
1/4	1/4	1/8	3/8	— Cuadrado, de 8
1/8	1/8	1/16	7/16	— De 8, de 16
3/8	3/8	3/16	5/16	— De 8, ataperfiles de 8
1/3	1/3	1/6	1/3	De 6
1/6	1/6	1/12	5/12	— De 6, de 12
1/5	1/5	1/10	2/5	— De 5, de 10
1/10	1/10	1/20	9/20	— De 10, de 20
3/10	3/10	3/20	7/20	— De 5, ataperfiles de 5
2/5	2/5	1/5	3/10	— De 10, de 5
1/7	1/7	1/14	3/7	— De 7, de 14
2/7	2/7	1/7	5/14	De 7, ataperfiles de 14
3/7	3/7	3/14	2/7	— De 14, ataperfiles de 14
2/9	2/9	1/9	7/18	— De 4 1/2, de 9
4/9	4/9	2/9	5/18	— De 18, de 4 1/2

Para disponer de estos ángulos, además del inglete de la aspilla, hacen falta los 18 cartabones del siguiente cuadro, además del cuadrado que no figura en él. Arenas sólo cuenta 17, porque confunde en uno el cartabón de siete y el ataperfiles de cinco, como después explicaremos.

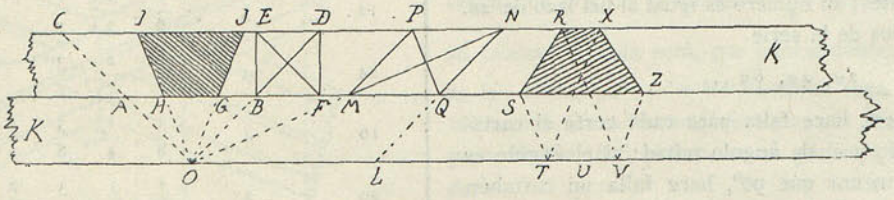


Fig. 58.

Biblioteca Nacional de España

n	Cartabón de n		Ataperfiles de n		
	Cola	Cabeza	Cola	Cabeza	Nombre
5	$\frac{1}{5}$	$\frac{3}{10}$	$\frac{3}{20}$	$\frac{7}{20}$	
6	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{3}$	(Cartabón de 6).
7	$\frac{1}{7}$	$\frac{5}{14}$	$\frac{5}{28}$	$\frac{9}{28}$	
8	$\frac{1}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{5}{16}$	Blanquillo.
9	$\frac{1}{9}$	$\frac{7}{18}$	$\frac{7}{36}$	$\frac{11}{36}$	Negrillo.
10	$\frac{1}{10}$	$\frac{2}{5}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{3}{10}$	(Cartabón de 5).
12	$\frac{1}{12}$	$\frac{5}{12}$	$\frac{5}{24}$	$\frac{7}{24}$	
14	$\frac{1}{14}$	$\frac{3}{7}$	$\frac{3}{14}$	$\frac{2}{7}$	Atimbrón.
16	$\frac{1}{16}$	$\frac{7}{16}$	»	»	(Sin uso).
18	$\frac{1}{18}$	$\frac{4}{9}$	$\frac{2}{9}$	$\frac{5}{18}$	(Cartabón de $4\frac{1}{2}$).
20	$\frac{1}{20}$	$\frac{9}{20}$	»	»	(Sin uso).

De estos datos se deduce, que para cada uno de los lazos harán falta los siguientes cartabones:

Lazo de 7 — de 7, de 14, atimbrón, ataperfiles de 7.
Lazo de 8 — cuadrado, de 8, blanquillo.
Lazo de 9 — de 6, de 9, de 18, de $4\frac{1}{2}$ negrillo.
Lazo de 10 — de 5, de 10.
Lazo de 12 — cuadrado, de 6, de 12, ataperfiles de 12
Lazo de 14 — de 7, de 14, atimbrón.

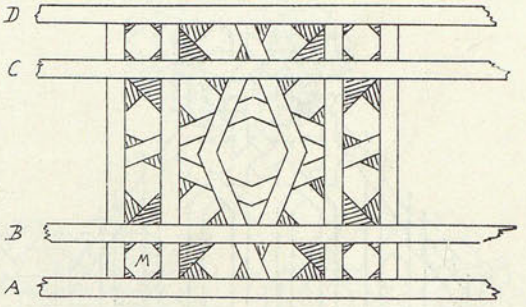


Fig. 59.

Lazo de 16 — cuadrado, de 8, de 16, blanquillo, ataperfiles de 16.

Lazo de 20 — cuadrado, de 5, de 10, de 20, ataperfiles de 5, ídem de 20.

En los lazos dobles se necesitan los cartabones de los dos lazos, pero como la aspilla se traza con el ángulo de uno de ellos, puede sobrar uno de los ataperfiles, si no tiene otro empleo: éste es el motivo de que no se utilicen en carpintería los ataperfiles de 16 y de 20.

Arenas construye geométricamente los cartabones por series, empezando por el cartabón de cinco, del modo siguiente: traza el semicírculo AB (fig. 53) y los arcos CD y CE con el mismo radio, insistiendo mucho en que todo se haga *sin abrir ni cerrar el compás;* haciendo centro en D y E se fija el punto F, y se traza el tanquil FC, y por el punto G, en que este tanquil corta al arco DE, trazado con el centro en F, y siempre con el mismo radio, se hace pasar la cola del cartabón de cinco AHB; la construcción es sólo aproximada, pues el ángulo resulta de 36° 12′, debiendo ser de 36° justos.

A partir del cartabón de 5 se traza el de 10 AJB, por medio de una bisectriz, que se obtiene haciendo centro en I con el mismo radio IJ, y por el mismo procedimiento se obtiene el de 20 ALB.

El ataperfiles de 10 coincide, como sabemos, con el carta-

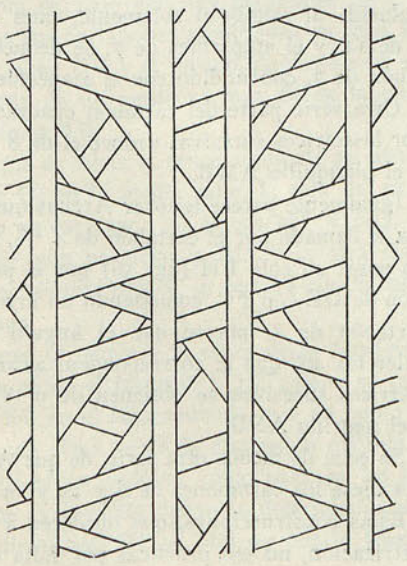
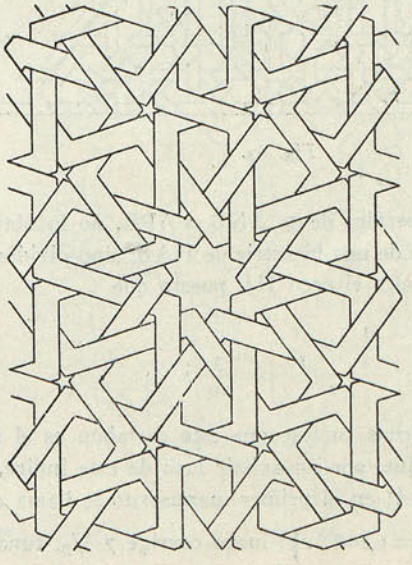


Fig. 60.



Biblioteca Nacional de España

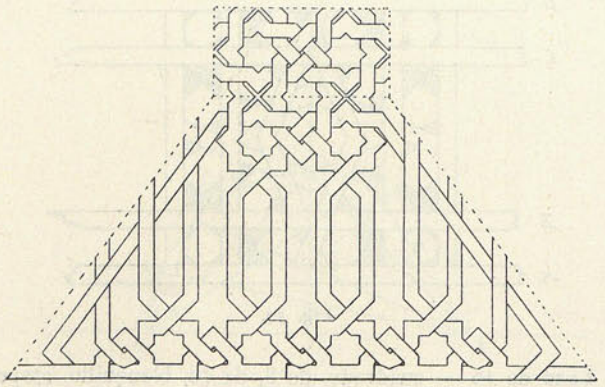


Fig. 61.

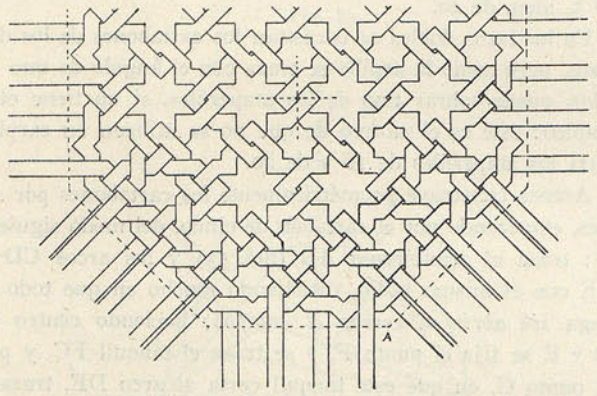


Fig. 62.

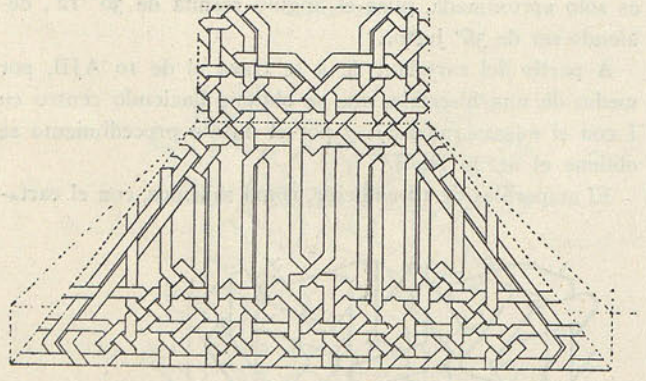


Fig. 63.

bón de 5: el ataperfiles de 5, ANB = APB, no lo obtiene Arenas por medio de una bisectriz de HAB, sino dividiendo en dos partes iguales el arco HJ, puesto que

$$\frac{\frac{1}{5}+\frac{1}{10}}{2}=\frac{3}{20}\ ;$$

no parece que Arenas supiese que este cartabón es el ataperfiles de 5, aunque, por no existir lazo de este índice, no hace función de tal; en el primer manuscrito le llama cartabon de $6\,^1/_2\left(\frac{20}{3}=6{,}666\ldots\right)$; luego corrige $7\,^1/_2$, fundándose quizá, por disparatado que parezca, en que $\frac{5+10}{2}=7\,^1/_2$, y por fin corrige de nuevo llamándole cartabón de 7, pasando esta última decisión al segundo manuscrito y al libro impreso. Sin embargo, la diferencia entre el ataperfiles de 5 y el cartabón de 7 es de:

$$\left(\frac{3}{20}-\frac{1}{7}\right)180=\frac{180}{140}=\frac{9}{7}=1^{\circ}\,17'$$

mayor que la que tienen entre sí el blanquillo y el negrillo, que nunca se confunden, y que es de:

$$\left(\frac{7}{36}-\frac{3}{16}\right)180=\frac{180}{144}=\frac{5}{4}=1^{\circ}\,15'\,.$$

Estudia después Arenas el *atimbrón*, ataperfiles de 14, aunque también parezca ignorarlo, y lo define por la propiedad de coincidir con su albanécar cuadrado, cuando hace función de cartabón de armadura. Estando ligados los ángulos de los dos cartabones por la relación

$$\operatorname{tang}\gamma=\cos\alpha$$

la coincidencia exigiría que

$$\operatorname{tang}\alpha=\cos\alpha\,;\quad \operatorname{sen}\alpha=\cos^2\alpha=1-\operatorname{sen}^2\alpha$$

de donde:

$$\operatorname{sen}\alpha=\frac{\sqrt{5}-1}{2}=0{,}61803$$

que corresponde a un ángulo de 38° 10′, mientras el verdadero angulo del atimbrón es de

$$\frac{3}{14}180=\frac{270}{7}=38^{\circ}\,34'\,.$$

No dice Arenas cómo se construye este cartabón ANB = AMB (fig. 54), y de él deduce los de 7 y de 14, dividiendo el arco MA en tres partes iguales; más sencillo sería, si se tuviese en cuenta su función de ataperfiles, hacer NI = NB y luego IG = IA. En el libro impreso se deja esta serie reducida al atimbrón solamente, pues los cartabones de 7 y de 14, y el ataperfiles de 7, se deducen del supuesto cartabón de 7, confundido con el ataperfiles de 5.

Otra serie parte del cartabón cuadrado AGB (fig. 55), y por bisectrices sucesivas deduce el de 8 AIB, el de 16 AKB y el blanquillo AMB.

Igualmente parece ignorar Arenas que el ataperfiles de 18 sea el llamado por él cartabón de $4\,^1/_2$, al que traza haciendo pasar su cola BH (fig. 56) por el punto G de intersección de DE con FC, cometiendo un error mayor que con el cartabón de 5, puesto que el ángulo HBA en lugar de valer los 40° que le corresponden, alcanza 40° 53′. Por bisectrices sucesivas se obtienen de 9 AJB, el de 18 ALB, y el negrillo ANB.

Se echa de menos otra serie, de que Arenas no habla, que nos diese los cartabones de 6 y 12 y su ataperfiles.

Estas construcciones, que obedecen a un prurito de geometrización, no son prácticas por falta de precisión: mejor

Biblioteca Nacional de España

fuera una división del semicírculo en partes iguales, que serían 10 en la figura 53, 14 en la 54, 8 en la 55 y 18 en la 56.

XV

CONSTRUCCION DEL LAZO

Vamos a explicar la construcción del lazo de ocho de la figura 57, que es el mismo de la figura 28 con su grueso de maderas a calle y cuerda, siguiendo las indicaciones que se encuentran en los escritos de Arenas.

Supongamos que la cinta AB representa una pieza entera (alfarda o nudillo) cuyos ensambles vamos a trazar, limitándonos al espacio comprendido entre las dos estrellas que se repite depués sin variación.

Lo primero que necesitamos trazar es la estrella misma: la longitud AB (fig. 58) se obtiene señalando en una regla K del ancho de la media calle, dos colas de cuadrado, OA, OB; con la misma cola se señalarán, sobre la pieza misma K′ las líneas AC y BD, y las normales BE y DF completarán el trazado del primer cruce. La cabeza del cartabón de 8 en la media calle desde O marcará el punto G, limitando el espacio GB, que se llama *boquilla del signo;* el mismo cartabón, sobre el madero marcará la línea GJ, y todo el espacio comprendido entre GJ y HI, rayado en la figura, habrá de ser rebajado para formar en su lugar con listones de la punta de la estrella, única en el lazo de ocho, pero múltiple en los demás.

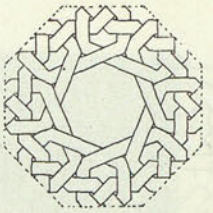
En cada lazo habrá dos cartabones, que formarán, en la media calle, la *boquilla del signo,* que serán los siguientes:

Lazo de 7 — cabeza de atimbrón — cabeza de 14.
Lazo de 8 — cola de cuadrado — cabeza de 8.
Lazo de 9 — cola de $4\,1/2$ — cabeza de 6.
Lazo de 10 — cola de 5 — cabeza de 5.
Lazo de 12 — cola de 6 — cola de cuadrado.
Lazo de 14 — cola de 7 — cola de atimbrón.
Lazo de 16 — cola de 8 — cola de blanquillo.
Lazo de 20 — cola de 10 — cola del ataperfiles de 5.

El primero de los dos cartabones nombrados en cada lazo nos da el *radio de signo* OB y el mismo, duplicado en sentido opuesto a partir de un punto O, nos da en la media calle el *largo de signo* AB.

El punto M en que se inicia el cruce siguiente se encuentra trazando desde O, en la media calle, la cola del cartabón del lazo, ocho en ese caso; las líneas MP y NQ, que limitan el ensamble, son paralelas a BD, y la otra diagonal PQ, como perpendicular a MN, se trazará con la cabeza del cartabón del lazo.

A partir del punto Q empieza la traza de la *tarabea.* El azafate, del que es mitad el trapecio LQST, tiene su costadillo QS, igual a ST en el lazo redondo, y a su punta LQ en el harpado, siendo otras veces de dimensión distinta por ser la resultante de otras medidas, como pasa en los lazos dobles o en los que exigen una distancia determinada entre las estrellas. La dimensión ST se obtiene por la traza de



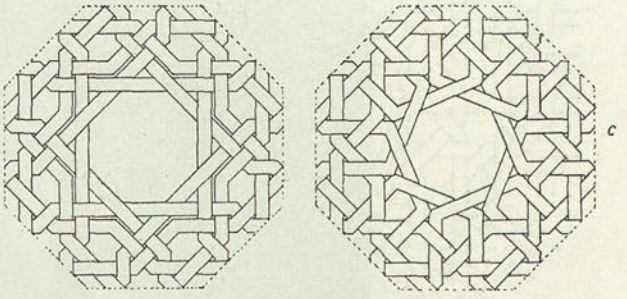


Fig. 64.

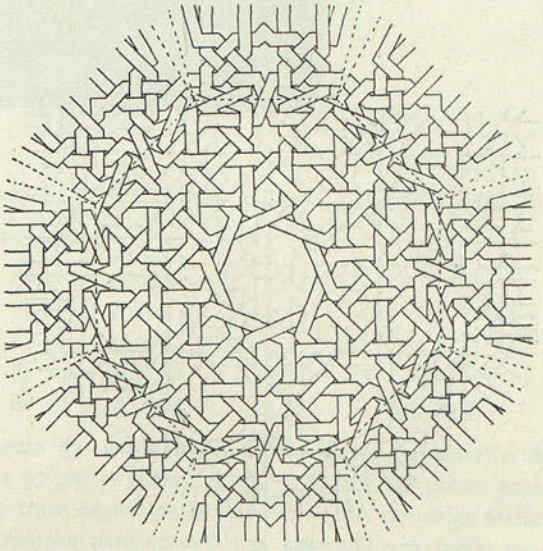


Fig. 65.

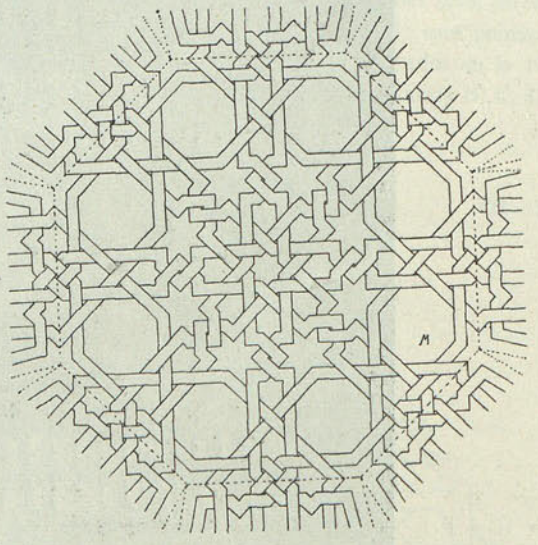


Fig. 66.

Biblioteca Nacional de España

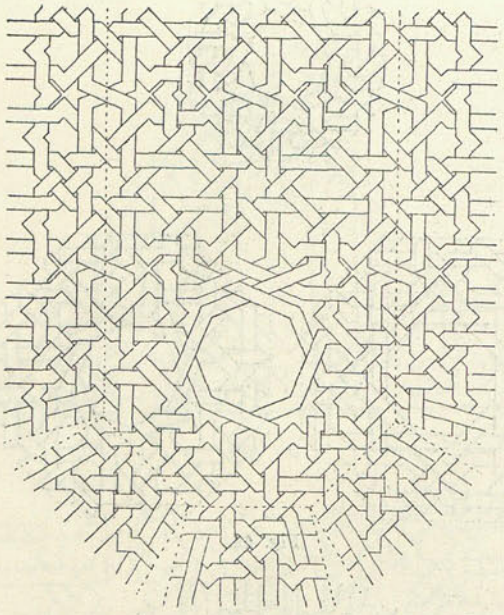


Fig. 67.

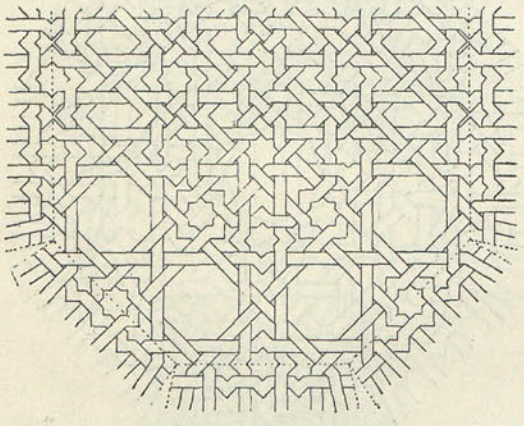


Fig. 68.

la cabeza del cartabón del lazo en la media calle y la *punta* LQ es igual al *radio de signo* OB. En el lazo de ocho será, pues, LQ cola de cuadrado y ST cabeza de 8.

La mayor dificultad del lazo redondo está en el trazado de la boquilla del candilejo SRXZ: suponemos ya trazado el final ST del azafate, y a partir de S, trazaremos sobre el madero SR con la cabeza del ataperfiles del lazo, blanquillo en este caso; para hallar el punto Z, sobre la media calle, habrá que trazar RV paralelo a ST y distante una cuerda y luego desde V, VZ con la cabeza del cartabón del lazo; sobre el madero, ZX trazado con la cabeza del ataperfiles, limita el espacio SRZX, rayado en la figura que ha de ser rebajado para formar la aspilla y la punta del candilejo.

Si llamamos A a la media calle y B a la cuerda, y α al ángulo del lazo $\frac{180}{n}$, tendremos:

$$SZ = 2A \operatorname{tang} \alpha + \frac{B}{\cos \alpha} = \frac{2A \operatorname{sen} \alpha + B}{\cos \alpha}$$

y por otra parte:

$$RX = SZ - 2B \operatorname{tang} \left(\frac{90^{0} - \alpha}{2} \right)$$

y recordando que:

$$\operatorname{tang} \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\alpha}{2} \right) = \frac{1 - \operatorname{tang} \frac{\alpha}{2}}{1 + \operatorname{tang} \frac{\alpha}{2}} = \frac{1 - \operatorname{sen} \alpha}{\cos \alpha}$$

tendremos:

$$RX = 2A \operatorname{tang} \alpha + \frac{B}{\cos \alpha} - 2B \frac{1 - \operatorname{sen} \alpha}{\cos \alpha} =$$

$$= 2 (A + B) \operatorname{tang} \alpha - \frac{B}{\cos \alpha}$$

Es de advertir que la dimensión RX sería negativa para los lazos de 14, 16 y 20 trazados a calle y cuerda, pero ya sabemos que estos lazos sólo se usan como dobles, con las aspillas de los lazos mitad que los acompañan.

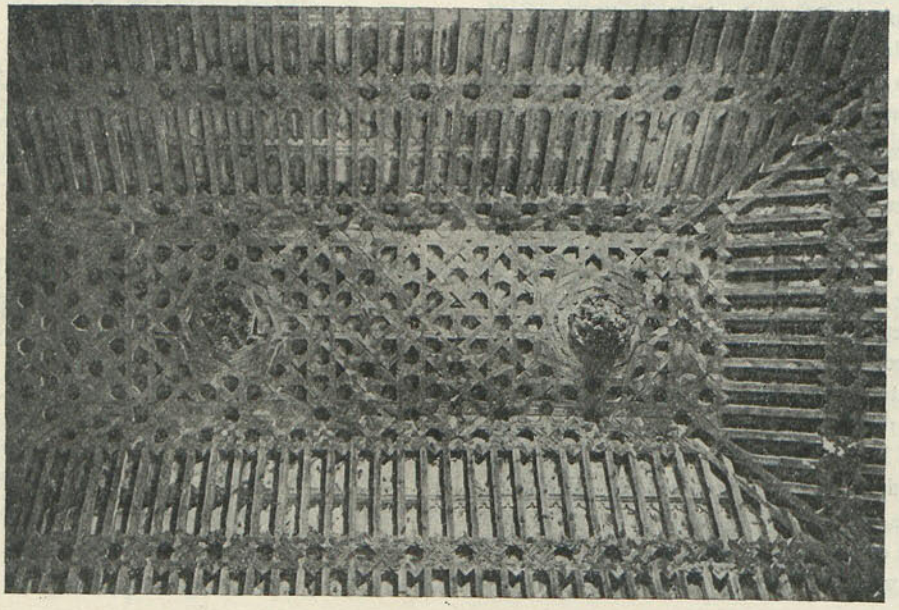


Fig. 69.

Biblioteca Nacional de España

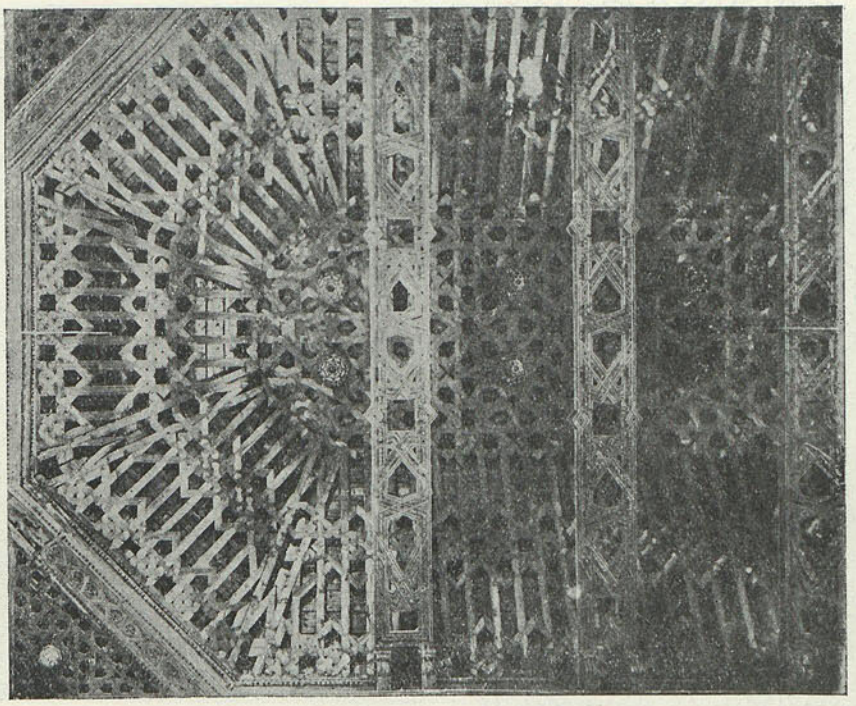


Fig. 70.

La distancia entre dos estrellas del lazo, o sea el doble de la distancia OU entre el centro de la estrella y la línea media del candilejo, cuando la traza es correcta, se calcula del modo siguiente: la proyección de OM si α es el ángulo del lazo, será A cot α; MQ, igual a QN será $\frac{B}{\text{sen } 2\alpha}$, mientras el costadillo QS, igual a ST, será $\frac{A}{\cos \alpha}$; tendremos, por consiguiente

$$D = 2\frac{2A\cos\alpha}{\text{sen }\alpha} + \frac{B}{\text{sen }\alpha\cos\alpha} + \frac{2A}{\cos\alpha} + \frac{2A\,\text{sen }\alpha + B}{\cos\alpha} =$$

$$= (2A + B)\frac{1 + \text{sen }\alpha}{\text{sen }\alpha\cos\alpha}$$

resultado curioso, y que nunca pudo prever Arenas, en virtud del cual la dimensión depende de la distancia entre los ejes de las cintas, a la que hemos llamado *unidad del lazo* y no de la proporción de la calle y la cuerda. Los valores de la expresión $\frac{1+\text{sen }\alpha}{\text{sen }\alpha\cos\alpha}$, para los lazos de siete a doce, son los siguientes:

Lazo de 7 — 3,6680.
Lazo de 8 — 3,9108.
Lazo de 9 — 4,1756.
Lazo de 10 — 4,4540.
Lazo de 12 — 5,0352.

La figura 59 representa el aspecto de la composición de la figura 57 por el dorso: A, B, C, D, son las piezas enteras cuya traza acabamos de estudiar; otras normales a ellas se interrumpen para ensamblarse fomando una fuerte cuadrícula. En C se forma la aspilla con un solo peinazo inclinado, cortado con la cabeza del cartabón del lazo, dirección de las líneas ST y RV de la figura 58; este peinazo se completa con dos tarugos triangulares, rayados en la figura 59 y que sólo alcanzan el grueso de las partes B, C, D,

Fig. 71.

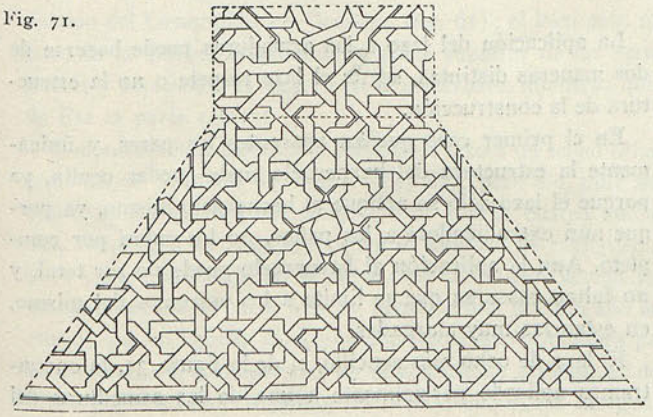
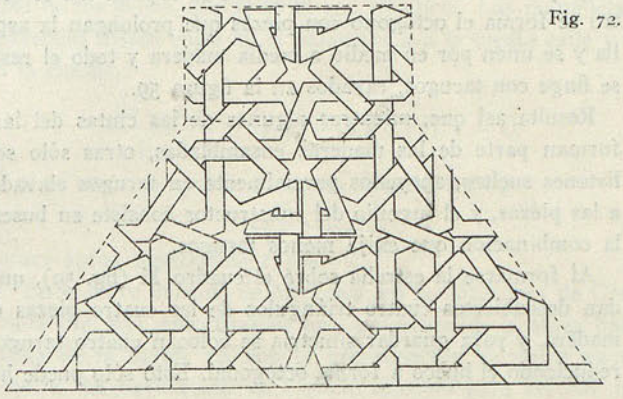


Fig. 72.



Biblioteca Nacional de España

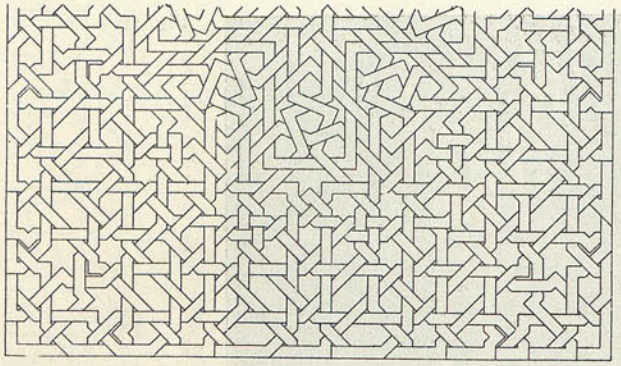


Fig. 73.

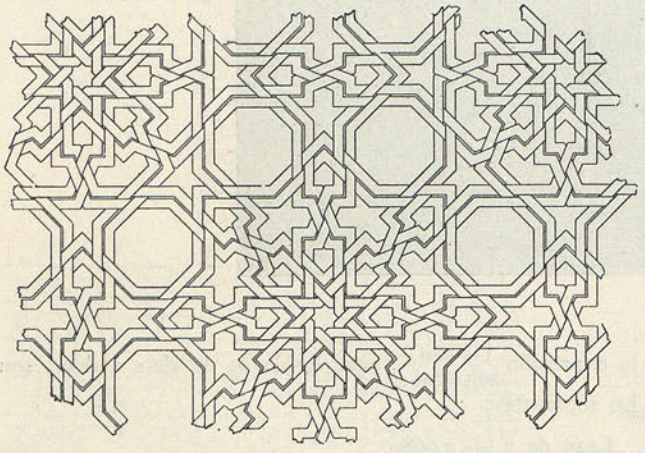


Fig. 74.

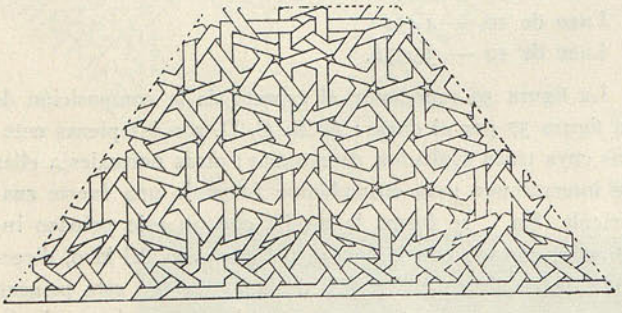


Fig. 75.

de la figura 49, sustituyéndose la parte A con un listón que finge por encima la ensambladura de la aspilla. En el centro se forma el octógono con piezas que prolongan la aspilla y se unen por en medio a media madera y todo el resto se finge con tarugos, rayados en la figura 59.

Resulta así que, mientras algunas de las cintas del lazo forman parte de las maderas ensambladas, otras sólo son listones sueltos, apoyados parcialmente en tarugos clavados a las piezas, y el ingenio del constructor consiste en buscar la combinación que exija menos tarugos.

Al formarse la estrella sobre el cuadro M (fig. 59), quedan descubiertos cuatro triángulos de las cuatro piezas de madera, y para guardar simetría se colocan cuatro tarugos, reduciendo el hueco a forma octogonal. Esto sólo puede hacerse en la estrella de ocho; para las demás se cubre el hueco con una tabla recortada que esconde las piezas que lo atraviesan, tabla llamada por Arenas *embutido del signo* y que se obtiene trazando un círculo con el *radio de signo,* dividiéndolo en el número *n* de partes, trazándose del lazo de *n* y uniendo los puntos de división de modo que queda dibujada a estrella. En las de grado par han de unirse los puntos de $\frac{n-4}{2}$ en $\frac{n-4}{2}$ con lo que quedan fuera de las líneas un número de puntas de $\frac{n-9}{2}$: si la estrella es de grado impar hay que trazar la de grado doble y cuidar de interrumpir las líneas, pues no debe aprovecharse de cada una más que la mitad de la parte comprendida dentro del círculo antes trazado. Dibujada así la estrella sobre la tabla, se recorta y *embute* en el hueco, tapándolo.

La construcción de todos los lazos redondos se hace del mismo modo, como puede comprobarse en la figura 60 que representa un tablero de lazo de diez, visto por delante y por detrás, suprimiendo los tarugos.

Cuando la composición del lazo es muy complicada, se aleja tanto de la del armazón constructivo, que es preciso embutir no sólo los signos, sino todos los polígonos que quedan entre las cintas, resultando una superficie lisa, en la que las molduras de las cintas y las tallas de los embutidos acusan el lazo, ocultando la verdadera armadura. Se comprende que la labor de apeinazar las piezas de la armadura para formar el lazo, es entonces inútil, y así se llega a cambiar el procedimiento, sustituyendo el lazo *apeinazado* con el *ataugerado,* que se compone con listones clavados sobre un entablado general, que cubre por el interior las piezas de la armadura, sobre el cual se dibuja previamente el lazo. La traza de estos listones se hace como la de los peinazos, sólo que en este caso no es preciso fingir las ensambladuras, y las interrupciones de las cintas son las verdaderas.

Arenas advierte que es mejor clavar los embutidos de lo signos antes que los listones, o como él dice, *embutir* antes de *guarnecer,* porque de este modo se evita el peligro de que un embutido demasiado ajustado empuje y disloque los listones.

XVI

ARMADURAS DE LAZO DE OCHO

La aplicación del lazo a las armaduras puede hacerse de dos maneras distintas, según el lazo respete o no la estructura de la construcción.

En el primer caso quedan aparentes los pares, y únicamente la estructura del harneruelo suele quedar oculta, ya porque el lazo sólo se aplique al harneruelo mismo, ya porque aún extendiéndose a los paños, no los cubra por completo. Aun la aplicación al harneruelo puede no ser total, y no faltan casos en que se limita a los extremos del mismo, en estancias muy alargadas.

El lazo de ocho más sencillo, el de la figura 31, lo encontramos aplicado parcialmente a una de las armaduras del

Biblioteca Nacional de España

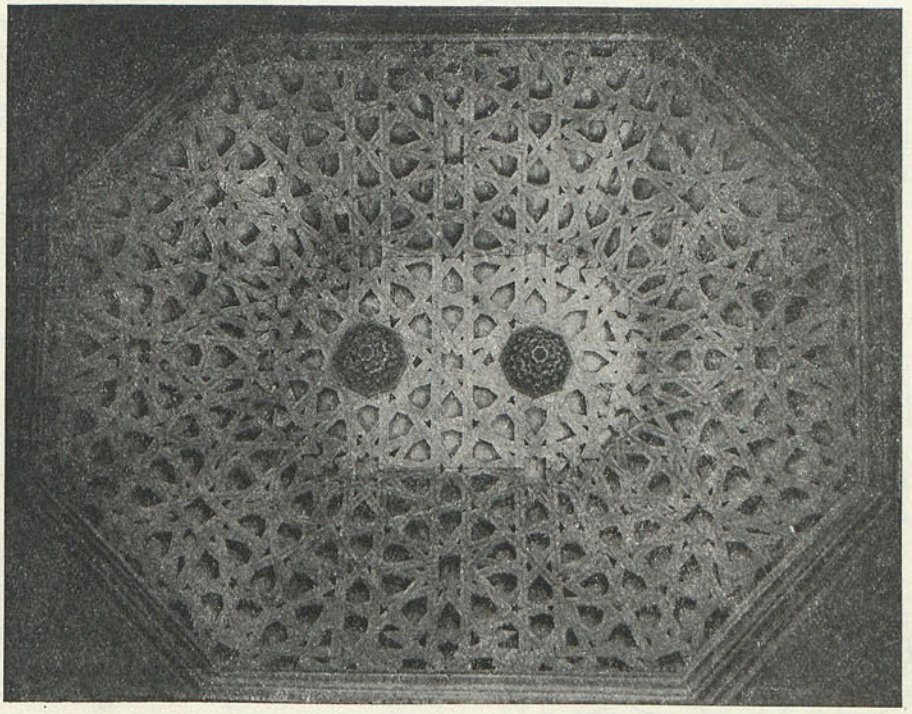


Fig. 76.

Fig. 77.

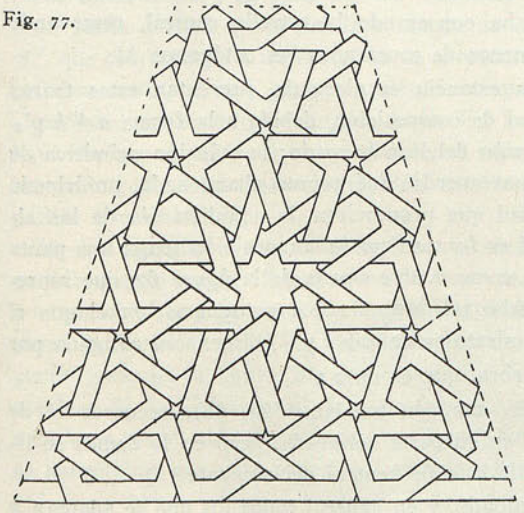
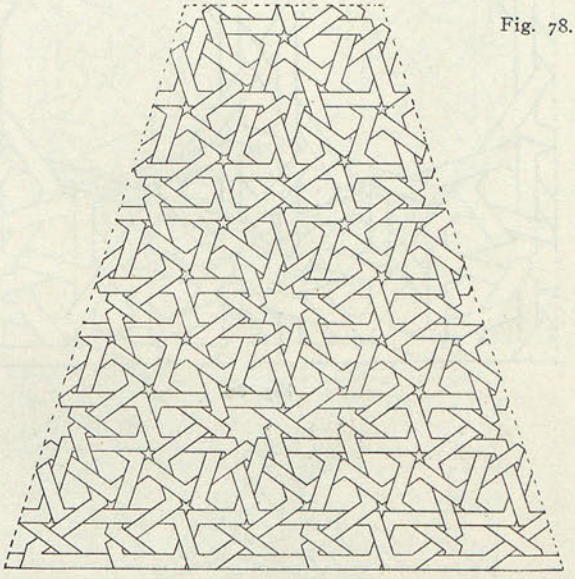


Fig. 78.



palacio del Generalife, en Granada (fig. 61); el lazo pasa un poco de la quiebra adornando la parte superior de las manguetas y repitiendo el motivo en el almarbate, mientras queda lisa la parte central.

Encontramos la aplicación del mismo lazo a un techo ochavado en el Tránsito de Toledo (fig. 62), pero sin salir del almizate. La quiebra del paño central abarca cuatro unidades, siendo por consiguiente igual el número de manguetas, pero en los paños de las ochavas, las manguetas serían incompatibles con el lazo, y en su lugar se han prolongado las cintas, que en aquella dirección son pareadas: la quiebra parece abarcar tres diagonales de la cuadrícula unidad, es decir, $2\sqrt{3} = 4{,}2426$, de donde resultaría una ligera desigualdad de los paños, que se evita sin violencia. Las manguetas pareadas distan entre sí, si llamamos a a la media calle y b a la cuerda,

$$\frac{2a - b\sqrt{2}}{\sqrt{2}+1} = (2a - b\sqrt{2})(\sqrt{2}-1)$$

y si la traza es a calle y cuerda, siendo $b = a$

$$(3\sqrt{2}-4)\,a$$

o sea aproximadamente 1/5 a.

En la torre llamada de Machuca, en la Alhambra de Granada (fig. 63), encontramos una aplicación de la traza harpada de la figura 32, con la preocupación de dejar en el centro del harneruelo un espacio diáfano para colocar un

Biblioteca Nacional de España

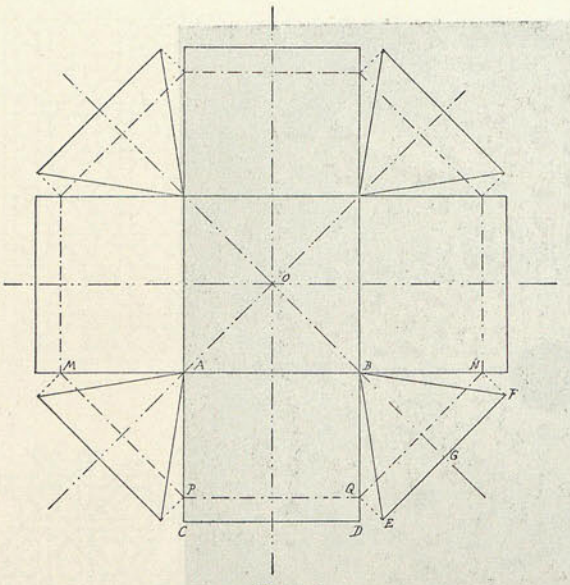


Fig. 79.

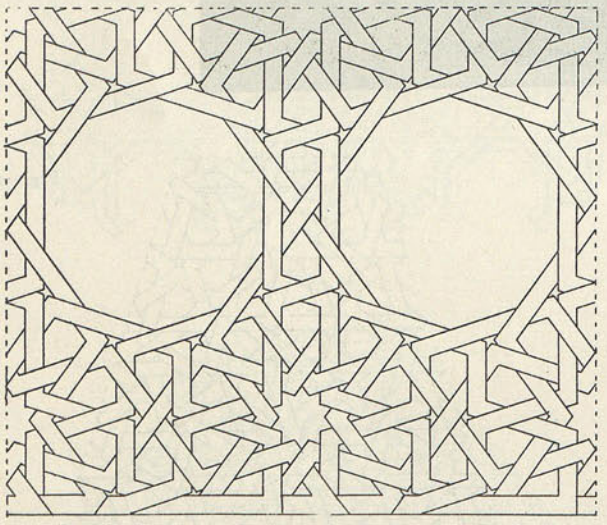


Fig. 80.

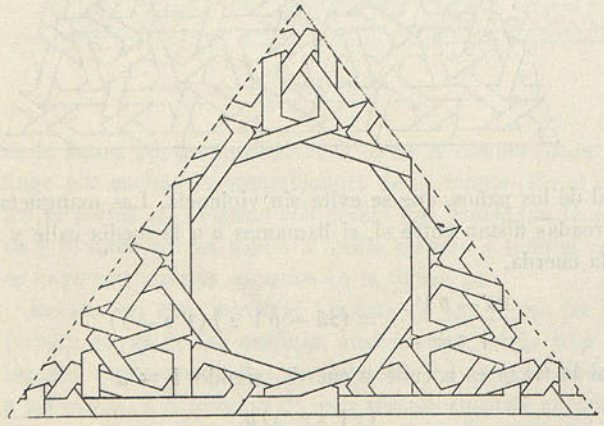


Fig. 81.

adorno de mocarabes; la traza rebasa, como casi siempre ocurre, la quiebra, y obliga a parear algunas manguetas para acomodarse al ancho del almizate, que no es un número exacto de calles sino $4 + 2\sqrt{2}$: el adorno del almarbate o parte inferior del paño reproduce, como siempre, el de la quiebra.

Las aplicaciones a techos ochavados son numerosas: en estancias cuadradas de poca anchura, que no admiten más que dos manguetas, basta prolongar éstas en el almizate para formar la estrella de ocho, aunque generalmente se prefiere dejar espacio para el consabido adorno de mocarabes. Solamente interesan estos techos cuando forman composición con las prolongaciones de las manguetas en el almizate, y de ellos presentamos tres ejemplos en la figura 64; el señalado con la letra A deriva del lazo de la figura 32, tomando de ella el octógono que forman las estrellas MP alrededor de N, sólo que la estrella central se suprime según costumbre: la quiebra del almizate tiene por dimensión dos unidades del lazo.

El ejemplo designado con la letra B en la figura 64 es algo mayor, por tener en la quiebra $2\sqrt{2}$ unidades. Esta traza procede del libro de Arenas y de ella deriva la señalada con la letra C, cuyas aplicaciones son numerosas.

Las trazas de cuatro manguetas son menos frecuentes y más difíciles, porque las manguetas laterales no prolongan ninguna línea de la traza del almizate; ejemplo de ellas es la de la figura 65, que es una extensión de la señalada con la letra C en la figura anterior, y más notable es la de la figura 66, derivada del lazo de la figura 33 y en la que, por excepción, se ha conservado la estrella central, reservando para los adornos de mocarabes los octógonos M.

Cuando la estancia es alargada, presentan estas trazas una dificultad de composición, debida a la forma $a + b\sqrt{2}$ de la dimensión del lazo harpado; la solución primitiva de doblar algunas cuerdas fué pronto abandonada, prefiriendo la regularidad que proporciona la equidistancia de las alfardas, y así es forzoso que la composición tenga una pauta rectangular, como ocurre con la de la figura 67, que representa un techo toledano de dos manguetas, en el que el ancho de almizate es de $4 + 2\sqrt{2}$, dimensión obligada por la de la quiebra, que es de $2\sqrt{2}$.

Otro techo, también toledano (fig. 68), recuerda el de la figura 66 en su parte ochavada, pero en lo demás se limita a repetir la calle central del almizate (1).

El lazo redondo, y en general todos los que se adaptan a pauta cuadriculada, se aplican muy bien a los techos cuadrados, como puede verse en el ejemplo de la figura 69, muy repetido, pero en cambio no se adaptan a la forma ochavada, como se ve en la figura 70, cuya traza es la misma y consiste en una alteración del lazo de la figura 28, con azafates harpados en el centro de los cuartillejos.

Las armaduras que ocultan completamente la estructura con el adorno del lazo se llamaban por Arenas "cuajadas de lazo", y de ellas es ejemplo la figura 71, que representa un techo del Generalife de Granada, para el que ha

(1) Perteneció esta cubierta a la iglesia del convento de la Madre de Dios, hoy demolida.

Biblioteca Nacional de España

servido de base un lazo harpado, cuyo cuartillejo tiene por lado la diagonal del de la figura 32.

Ejemplo de aplicación del lazo redondo es la figura 72, que procede de los escritos de Arenas, pasando, aunque desfigurada, al libro impreso.

En estas armaduras se pone de manifiesto la incompatibilidad de la lima con el lazo, puesto que dicha pieza ha de formar con la dirección de los pares el ángulo del albanécar, que ni en las armaduras cuadradas ni en las ochavadas puede ser de 45°, único ángulo de las piezas en el lazo de ocho.

El lazo de ocho harpado ha sido muy empleado en la decoración de techos planos, de los cuales hay en el palacio de la Alhambra numerosos ejemplos: entre ellos escogemos el de la figura 73, que procede del salón de Comares, y el de la figura 74, que es el tema de la cubierta de la galería de la torre de las Damas.

XVII

TECHOS DE LAZO DE DIEZ Y DE LAZO DE DOCE

La aplicación del lazo de diez es frecuente en los paños de las armaduras ochavadas; en las cuadradas es en cambio muy escaso, por lo que para presentar un ejemplo recurrimos al libro de Arenas. En este caso (fig. 75) la lima puede formar parte del lazo dando un albanécar de 36°, que corresponde a un cartabón de armadura de 43° 24′, próximamente; el lazo es, en cambio, incompatible con el almarbate, por no admitir ángulo recto. En la quiebra del harneruelo, aunque no es indispensable, se sigue la costumbre de introducir una cinta horizontal, aunque no sea compatible con el lazo.

En las armaduras ochavadas la lima es también incompatible, puesto que el albanécar ha de tener un ángulo menor que 22° $^1/_2$, y la cinta que menor ángulo hace con los pares lo forma de 36°. Una representación de este defecto puede verse en la figura 76, que representa el techo de la escalera de la Universidad de Granada; los paños de las gualderas tienen el lazo dispuesto con líneas verticales, que se aprovechan para los pares, que guardan por esta razón una equidistancia doble en la relación de 1 a $\frac{\sqrt{5}+1}{2}=1.618$; pero siendo las limas incompatibles con esta traza, en sus proximidades se altera mezclando otro lazo orientado en ángulo recto con el primero; el almarbate ocasiona otra alteración, resultando así los bordes del paño completamente anárquicos. Los paños de las ochavas están trazados de modo que su lazo tenga líneas horizontales, y así resulta compatible con el almarbate y a la vez con la lima, que forma ángulo de 72° con las piezas horizontales, y, por consiguiente, da un albanécar de $90-72=18°$, que coresponde a un cartabón de armadura de 38° 20′, próximamente. Pero a esta traza tan armónica se han añadido las dos manguetas, incompatibles con el lazo, estropeando éste por completo.

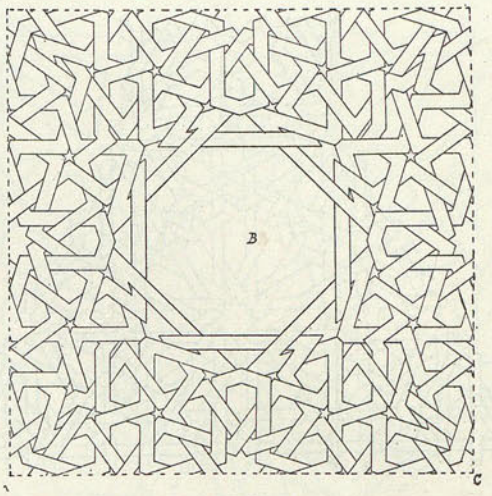


Fig. 82.

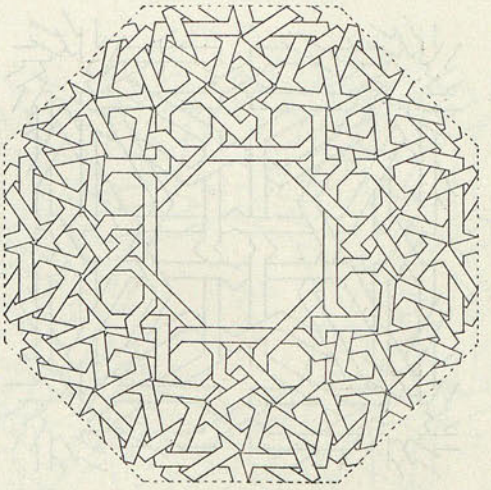


Fig. 83.

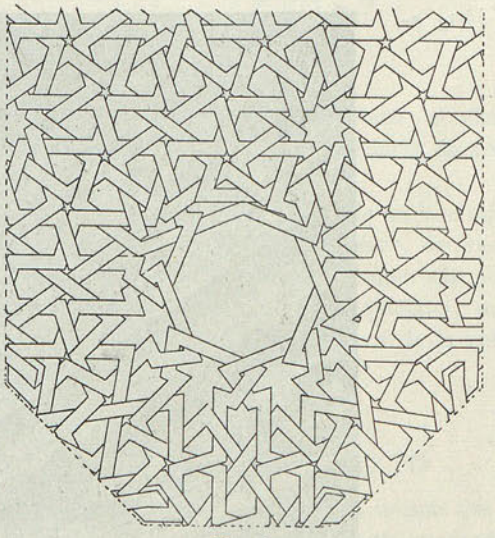


Fig. 84.

En todos los dibujos de Arenas pueden comprobarse análogos defectos, que también existen en muchos de los techos que se han conservado; se encuentran algunos

Biblioteca Nacional de España

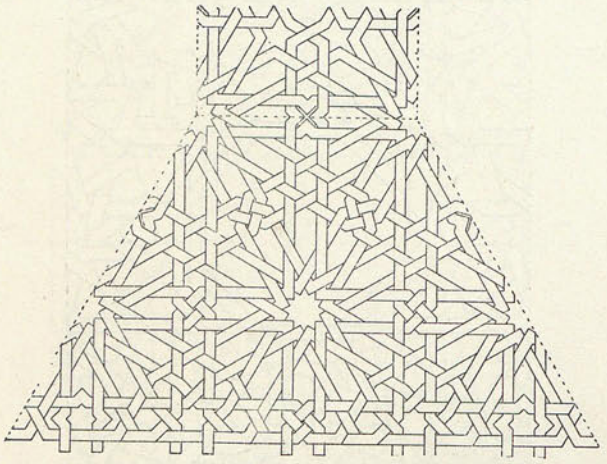


Fig. 85.

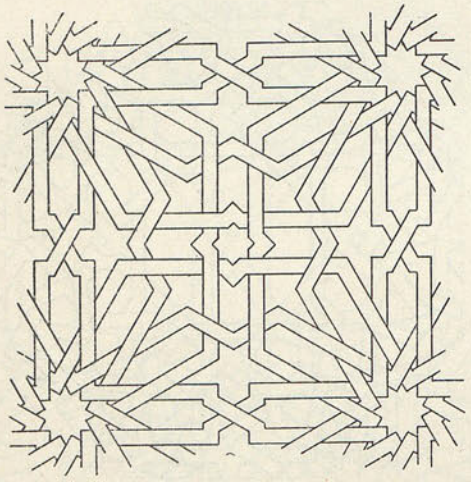


Fig. 86.

más correctos, pero a cambio de suprimir las manguetas, o mejor dicho, de ocultarlas, formando en ocasiones el paño con una sola mangueta central unida por peinazos horizontales a las limas.

En los lazos ataugerados toda dificultad desaparece, y la serie así formada es la que mejor acuerda el lazo con la forma de los paños; el ejemplo más pequeño es el representado en la figura 77, que se encuentran aplicado en diversos lugares; la figura 78 representa en cambio uno de los más grandes y pertenece a la iglesia de Villacid de Campos, teniendo la particularidad de no ser simétrico, y es, además, un buen ejemplo de composición libre con lazo de diez.

En la figura 79 se representa un techo de la iglesia de Villamayor de Campos, de estructura original y única. Se trata de una estancia cuadrada convertida en ochavada por medio de cuadrantes; su almizate es cuadrado, con lado igual a la ochava, y los paños son alternativamente rectangulares y triangulares, teniendo estos últimos, por exigencias del lazo, un ángulo B de 72°, y esto basta para determinar las dimensiones de toda la armadura.

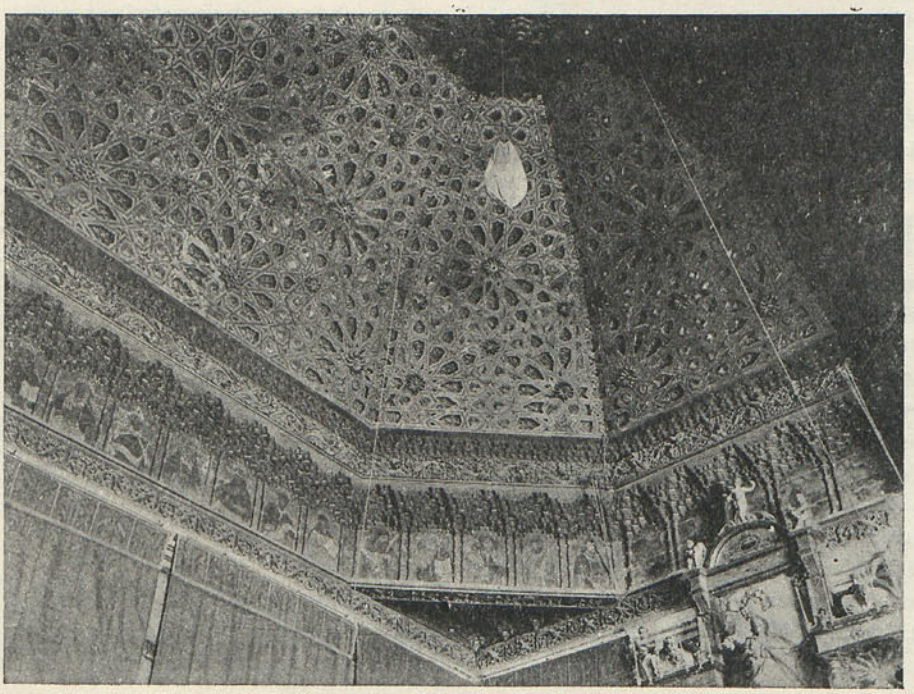
En efecto, el paño triangular, que puede considerarse como un faldón de una armadura cuadrada del ancho de la ochava, tiene por albanécar un cartabón de 5, puesto que el ángulo EBG es de 36°; su cartabón de armadura será:

$$\cos \alpha = \text{tang } 36^\circ = 0{,}7265$$
$$\alpha = 43^\circ\ 24'$$

Por otra parte, la inclinación del paño rectangular es la misma que la de la lima BE, o sea la del coz del paño triangular, y así:

$$\cos \beta = \sqrt{2}\ \text{sen } 36^\circ = 0{,}8312$$
$$\beta = 33^\circ\ 47'$$

Fig. 87.



Biblioteca Nacional de España

Nada más fácil, por consiguiente, que trazar una cambija en la escala acostumbrada y con un diámetro correspondiente a la ochava y hallar en ella las inclinaciones y las longitudes de las manguetas y limas de los paños.

La figura 80 representa el paño rectangular de esta armadura, y la 81 el triangular, siendo de notar, como una originalidad más de este caso, el haber intercalado unos casetones a la italiana en los decágonos regulares que aparecen diáfanos en las figuras.

Los almizates de lazo de diez son difíciles de trazar por faltar en este lazo los ángulos rectos; ejemplo de almizate cuadrado es el de la figura 82, que pertenece al mismo techo que acabamos de describir, el cual está compuesto prolongando la traza de los paños dentro de cada uno de los triángulos en que las diagonales dividen el área; en el centro queda un espacio, en el cual se ha dispuesto un casetón de ocho lados que hace juego con los de diez que tienen los paños.

Los almizates de planta ochavada se trazan también prolongando el lazo de los paños dentro de los ocho triángulos en que su área puede considerarse dividida. La figura 83 representa un caso muy curioso, en el que se centran en los vértices del almizate estrellas que parecen de diez, porque completan las de los paños, pero que no pueden serlo por desarrollarse en tres planos distintos; resulta, en efecto, que debiendo formarse sobre ángulos de $\frac{180}{10} = 18°$, lo está sobre $\frac{135}{28} = 16° 53' 30''$, lo que formaría un lazo de índice $10\,{}^{2}/_{3}$, aunque sin duda se trazaba como un diez algo forzado.

Cuando la estancia es alargada, si se puede hacer que el ancho del almizate sea compatible con el lazo, se prolonga éste de un paño al opuesto a través del almizate mismo y los paños ochavados se trazan repitiendo los extremos de los de las gualderas; esto es fácil de conseguir en los techos de cintas verticales, porque en ellos la ochava del almizate no tiene dimensión obligada en relación con el lazo, y de ello puede servir de ejemplo la figura 84, que representa el almizate del techo de la Merced, de Granada, donde existe una irregularidad curiosa, debida a que no siendo el almizate simétrico, las dos gualderas no terminan del mismo modo.

Cuando las cintas son horizontales la quiebra del paño ochavado tiene dimensión determinada, y como el ancho de almizate es $\sqrt{2} + 1$ veces mayor, no será compatible con la prolongación de lazo de los paños de las gualderas y presentará una unión desagradable en la línea media, a menos que para evitarla se altere la posición de la lima en los paños. Al tratar de los techos de nueve y doce, donde se presenta el mismo caso, veremos ejemplos de ello.

Los techos de lazo de doce son escasos, a pesar de la excelente adaptación del lazo a la estructura, como puede juzgarse por la figura 85, que procede de los escritos de Arenas, en la que el lazo forma igualmente el cuadrado del almizate y los elementos triangulares de los paños, que

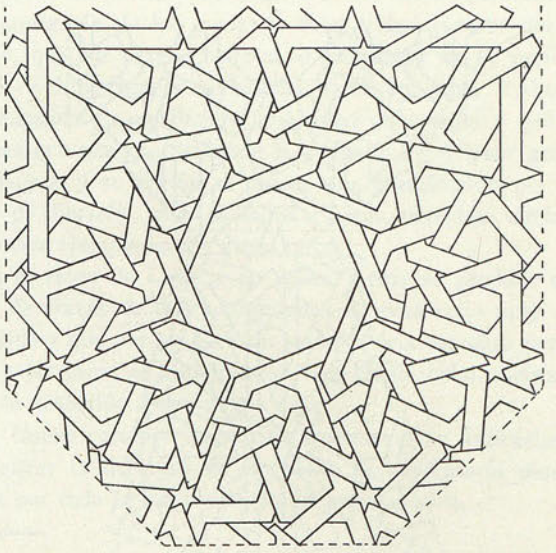


Fig. 88.

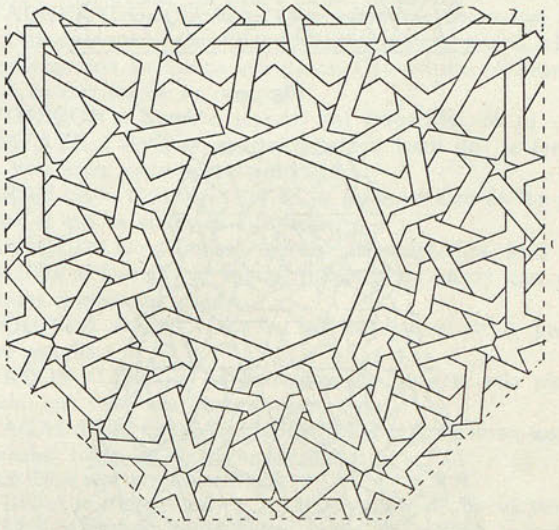


Fig. 89.

permiten conservar los partorales y las limas; el albanécar tiene un ángulo de 30°, lo que da un cartabón de armadura de 54° 44′.

La figura 86 representa el cuartillejo de un lazo que forma el techo del Salón de Mesa, en Toledo, derivado del lazo de la figura 38 y repetido en toda la superficie, sin más variación que la que se produce en las quiebras; se trata de una decoración extraña a la estructura de la cubierta, que es de siete paños.

XVIII

TECHOS DE LAZO MIXTO

El lazo de nueve y doce se presta, lo mismo que el de doce, a la decoración de los techos de planta cuadrada, con iguales proporciones que el de la figura 85, y existen de ello ejemplos en la Alhambra. Más abundantes son, en tiempos posteriores, los de planta ochavada, aunque ofrecen poca variedad, trazándose de modo que aparezcan las

Biblioteca Nacional de España

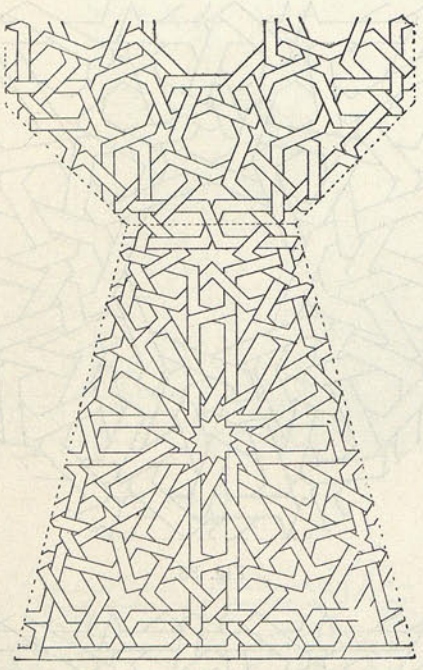


Fig. 90.

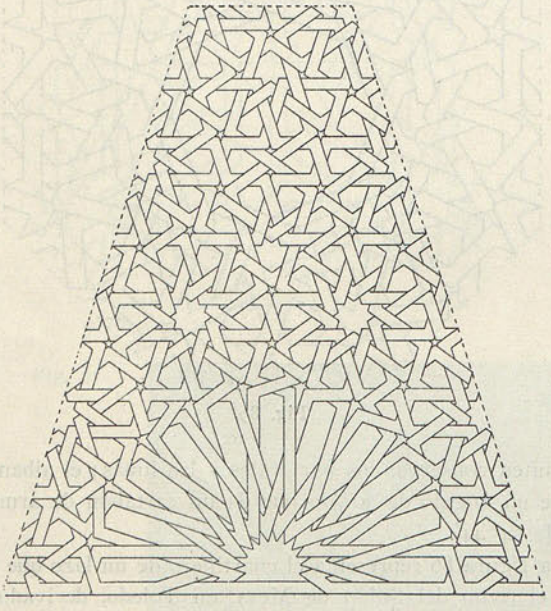


Fig. 91.

estrellas de nueve y las de doce en la misma vertical armonizando la diferencia de tamaño con la forma trapecial del paño; su inconveniente es la lima, incompatible siempre con el lazo. El mejor ejemplo es el de Santa Clara, en Tordesillas (fig. 87), de cinco paños.

La traza del almizate presenta la misma dificultad que en el lazo de diez y se resuelve igualmente con dos soluciones que se representan en las figuras 88 y 89; en la primera, de uso frecuente, la traza es correcta, formándose un lazo de nueve y doce en pauta cuadrada, pero la calle de limas resultaría estrechada si no se alterase algo la traza, lo cual tiene aquí menos importancia que en el lazo de diez, porque la lima, en cuanto se aparta de la quiebra, es completamente ajena al lazo.

La segunda solución, que es la adoptada en Santa Clara de Tordesillas, conserva en su sitio el arranque de la lima, alterando la traza en la línea media del almizate, que no resulta ya de pauta cuadrada, sino rectangular; la solución es también aquí más tolerable que en el lazo de diez.

Claro está que toda dificultad desaparece en las estancias de planta cuadrada cuyo almizate es un octógono regular.

El lazo de ocho y doce es de rarísimo empleo; como este lazo admite trazas de pauta cuadrada y triangular, de la combinación de ambas se compone el paño ochavado de la figura 90, que corresponde a Santa María de Castroverde de Campos. Forman aquí las limas parte de la traza, con un albanécar de 15°, que ocasiona un cartabón de armadura de 49° 40′, algo más peraltado de lo que se acostumbra.

El lazo de ocho y dieciséis apenas ha sido empleado más que en el adorno del almizate en los techos de lazo de ocho; la simple prolongación de las limas y los partorales en una armadura ochavada da lugar en el centro del almizate a una estrella de dieciséis, y son relativamente abundantes los techos lisos en los que esta estrella constituye el único adorno. En estancias alargadas se aplica este lazo al adorno del almizate colocando los centros de las estrellas de dieciséis en la línea media y los de ocho en los bordes, aunque no falta ejemplo de lo contrario, esto es, las estrellas de ocho centradas en la línea media del almizate y las de dieciséis en las proximidades de la quiebra.

Hemos mencionado ya la cubierta de la torre de Comares en Granada, adornada con el lazo de la figura 45, repetido en infinidad de variantes.

El lazo de diez y veinte no es más que un lazo de diez en el que se han intercalado estrellas de veinte, y su aplicación no tiene otra particularidad que la de exigir estancias de gran dimensión para que el lazo pueda desarrollarse. La figura 91 representa un caso muy repetido en la región granadina, donde aún los hay mayores, abarcando todos los veinte azafates de la estrella de veinte.

XIX

ESQUEMA HISTORICO

Entre las construcciones que de tiempos musulmanes nos quedan en Granada se encuentran techos artesonados, construídos al principio del siglo XIV o a fines del anterior, que responden a las descripciones de López de Arenas, sin más diferencia que una mayor pendiente de la cubierta, justificada por la diferencia del clima de Granada con el de Sevilla, donde Arenas escribió y practicó su oficio.

Imposible debe estimarse en este momento averiguar si el sistema de construcción basado en los cartabones fué creación de los carpinteros granadinos o si éstos pudieron tomarlo de otro lado, pues a este problema sólo pueden

Biblioteca Nacional de España

aportarse razones negativas; en ningún lugar encontramos antecedentes directos, y del examen de las trazas orientales se deduce que no pueden prestarse con la facilidad que las españolas a dicho sistema, por tener mucha mayor libertad de composición. Hasta encontrar razones suficientes que lo contradigan habrá, pues, que suponer que el sistema es granadino o, por lo menos, español.

El desarrollo de este arte a partir del reino de Granada es en cambio perfectamente posible de estudiar por la gran cantidad de ejemplares que aún nos restan; la única dificultad es que falta la labor previa de catalogación de estos ejemplares, labor demasiado grande para ser improvisada.

Unicamente podremos en los momentos actuales señalar la formación de algunas importantes escuelas regionales, la principal de las cuales es la que perpetuó el arte granadino en el territorio del que fué reino de Granada y que se caracteriza por la permanencia de los lazos apeinazados, la abundancia de los lazos de ocho y la creación del de veinte, que no parece haberse usado fuera de la región; sigue en importancia la escuela sevillana, cuya tradición fué recogida ya moribunda por López de Arenas y que no es más que una imitación de la granadina con peor gusto. En Toledo y su región se marca una predilección por los lazos de dieciséis, muy sencillos a veces, pero que también producen ejemplares de gran valor.

En el reino de León y en época tardía se produce una serie de trazas de diez ataugeradas de desarrollo muy sistemático y que por su poca duración podría ser obra personal; estas tazas se simultanean con las de ocho apeinazadas de tradición granadina.

El futuro catálogo permitirá ampliar estas indicaciones y explicar la difusión de las obras de carpintería musulmana por toda la Península y aun por América.

GLOSARIO

de palabras de poco uso empleadas por López de Arenas, con la acepción en que se encuentran en sus escritos.

ACUESTO = Inclinación o pendiente.

AGRO, AGRIO = Inclinado.

ALBANÉCAR = Cartabón cuyo ángulo es el que forma el partoral con la lima. Según la forma de la armadura, se llama *cuadrado u ochavado.* (EGUILAZ: Glosario etimológico de las palabras españolas de origen oriental, p. 101.)

ALFARDA = Sinónimo de *par,* pieza inclinada de la cubierta. (EGUILAZ, I c., p. 161.)

ALFARGE = Dice Arenas en su capítulo XVI, tratando de la inclinación o *acuesto* del arrocabe: "y lo mismo al acuesto de las tabicas de suelos y alfarges", de donde se deduce que *alfarge* no puede significar techo artesonado, sino algo distinto: probablemente, techo plano.

ALMARBATAR = Ensamblar.

ALMARBATE = Apeinazado de las alfardas por la parte inferior, donde termina la parte visible de los faldones inclinados de la cubierta. (EGUILAZ, I c., p. 213.)

ALMENDRILLA. = Cuadrilátero que se forma en los lazos entre cada dos puntas de la estrella.

ALMIZATE = Sinónimo de *Harneruelo;* la parte horizontal del techo artesonado. La opinión de que signifique sólo el punto central del harneruelo está fundada en un error de interpretación de la figura por el editor de la tercera edición del libro de Arenas.

ALTO = Dimensión transversal de la *tabla* o cara vertical de las piezas.

APEINAZADO = El techo construído con peinazos ensamblados. (No consta en Arenas, pero sí en escritos de su tiempo.)

APRESTAR = Presentar en obra.

ARCO DEL HILO = Elipse.

ARGEUTE = El forro de tabla que cubre la base del techo artesonado desde el almarbate hasta el estribo.

ARROCABE = El friso que sirve de transición entre los muros y la armadura ocultando el estribo. (EGUILAZ, I c., página 290.)

ARROCOBAS = Falsas prolongaciones de las péndolas en la calle de limas.

ASPILLA = Cruce oblicuo de las dos piezas que rematan por la parte exterior el azafate.

ATAUDADA = Se dice de la armadura que no tiene un ancho uniforme por no ser paralelos los muros de la estancia.

ATAPERFILES = Cartabón cuyo ángulo menor es la mitad del mayor de otro cartabón del que toma nombre.

ATAUGERADO = El techo cuyo adorno se forma con listones clavados, por oposición al *apeinazado,* en el que el adorno se forma con su misma estructura. (No consta en Arenas, pero sí en escritos de su tiempo.)

ATIMBRON = Nombre especial del ataperfiles de 14.

AZAFATE = Polígono simétrico de seis lados que se forma en el lazo entre cada dos almendrillas.

BARBILLA = Corte vertical de la parte inferior de los pares, por el que se apoya en el estribo.

BLANQUILLO = Nombre especial del ataperfiles de 8

BOLSOR = Dovela: lo aplica Arenas a las piezas que, ensambladas, forman un camón.

BOQUILLA DE SINO = La longitud lateral de la punta de una estrella.

BORDON (LIMA) = La lima formada por una sola pieza. El techo que tiene sus limas de esta clase.

BRAGADAS O CAMARANCHONES = Armaduras toscas construídas sobre los techos artesonados.

CABERA = Extrema o final.

CABEZA = Angulo mayor y cateto menor de un cartabón.

CALLE = Espacio comprendido entre dos piezas pareadas. DE LIMAS = el espacio comprendido entre las dos limas moamares.

CAMBIJA = Semicírculo.

CAMPANA = Diferencia de ancho en las piezas de sección trapecial.

CAN = Pieza que sostiene por debajo los tirantes.

CANDILEJO = Polígono estrellado que se forma a cada lado de la tarabea.

CARTABON = Triángulo rectángulo de madera que sirve para trazar las piezas; C. CUADRADO = el isósceles; C. DE ARMADURA = el que tiene por ángulo la pendiente de la cubierta; C. DE IZGONCE = el que mide la inclinación del testero cuando es oblicuo; C. DE N. = el que tiene por ángulo 1/N de los 180° grados del semicírculo.

CASCOS = Las partes comprendidas entre dos meridianos en que se divide una cúpula para construirla.

CERRILLO = Saliente biselado (no curvo) del dorso de la lima bordón, donde se clava el forro de tabla. Se llama también *Torrilla.*

CINCO (EL) = El cateto de un triángulo rectángulo isósceles.

CINCO PAÑOS (ARMADURA DE) = La que tiene sus faldones divididos en dos paños de inclinación distinta.

Biblioteca Nacional de España

COLA = El ángulo menor y el cateto mayor de un cartabón.

COPETE = El corte más alto del par, por donde se apoya en la hilera.

CORNEZUELOS = Los salientes extremos del nudillo por donde se ensambla con el par.

COSTADILLO DE AZAFATE = Los dos lados inmediatos a la aspilla, que en la carpintería son paralelos entre sí

COZ DE LIMAS = El cartabón cuyo ángulo mide la inclinación de la lima sobre la horizontal.

CUADRANTE = Pieza inclinada que sirve para ochavar las armaduras o simplemente para reforzar el estribo.

CUARTILLEJO = El cuadrado que, por repetición forma el lazo de 8, y en general, los de simetría cuadrangular.

CUARTO DE LIMAS = El trozo de cubierta comprendida entre dos partorales que se reúnen con una lima.

CUERDA = El grueso o ancho de las maderas pareadas, cuyo espacio se llama calle; cuando la calle es doble de la cuerda, se dice que las maderas "van a calle y cuerda".

DEJARRETAR = Cortar la pieza para su ensamble.

DESBOZAR = Relabrar. Lo aplica Arenas al retoque que se debe hacer en cada fila de tabicas para recibir la que va encima.

EMBUTIDO = Tabla recortada con que se llena el hueco dejado por las maderas que forman el lazo, de modo que toda la construcción tenga un solo paramento, acusándose solamente el lazo por el labrado de las cintas y el de los mismos embutidos.

EMBUTIR = Cortar y colocar los embutidos.

ESTRIBO = Marco de vigas colocado sobre los muros que sostiene la cubierta.

GARGANTA = La parte del par que se labra para ensamblar con el nudillo.

GRUESO = Dimensión transversal de una pieza medida en la cara o paramento inferior.

GUALDERA = Costado más largo de las estancias rectangulares.

GUARNECER = Cortar y clavar los listones de un lazo ataugerado.

HARNERUELO = Sinónimo de Almizate. El paño horizontal de un techo artesonado.

HARPADO (Por FARPADO) = Se dice del azafate terminado en pico, por oposición al azafate *redondo,* que termina en la aspilla; también se dice del lazo que contiene azafates de esta clase.

Al hablar Cervantes en su "Quijote" (1.ª parte, Cap. II) de las "harpadas lenguas" de los pájaros, ¿se referiría a su forma puntiaguda?

IZGONZE = Esconce; oblicuidad del testero cuando no es normal a las gualderas.

JALDETAS = Los paños de un techo artesonado cuando no llevan lazo.

LARGO DE SINO = La distancia entre dos puntas de una estrella que están sobre la misma cinta.

LAZO = Adorno formado por cintas entrelazadas o que fingen estarlo.

LEFE = Arenas, en su primer manuscrito, figura un techo de lazo de diez lefe "a fojas 33", añadiendo que "sólo uno es el verdadero lefe: desgraciadamente, la hoja ha sido arrancada, y no hay medio de saber lo que en ella había.

Sospechamos que la figura que nos falta era igual a la que con el número 77 presentamos como ejemplo de lazo de diez, fundándonos en que Arenas presenta otras dos de igual tamaño y traza diferente, advirtiendo que una de ellas es lefe sólo por la calle de limas y la otra sólo por la calle del almarbate. Según esto, el lazo de diez lefe sería el lazo redondo normal (fig. 30), sin mezcla de azafates harpados ni de alteraciones de traza, que tan frecuentes son en los techos de lazo de diez.

MANGUETAS = Los pares de los cuartos de limas que alcanzan al harneruelo.

MEDIA NARANJA = Cúpula.

MEDIA CAÑA = Techo de perfil curvo.

MOAMARES = Pareadas. Arenas lo aplica sólo a las limas, pero se aplicaba también a los tirantes. No lleva *h* en los escritos antiguos. (EGUILAZ, I c., p. 454.)

MUESTRA = Dibujo del lazo de un techo, que servía a los maestros para construirlo.

NEGRILLO = Nombre especial del ataperfiles de 9.

NUDILLO = Piezas horizontales de la cubierta que ensamblan con las alfardas y sirven de armazón al harneruelo. = Piezas que se empotran en la coronación del muro para clavar en ellas la solera.

PAÑO = Cada uno de los planos oblicuos de un techo artesonado.

PARTORAL = El par que concurre con la lima o que se ensambla con ella.

PATILLA = El corte horizontal de la base del par, por donde éste insiste sobre el estribo.

PECHINA = Tablero triangular adornado con lazo, que llena el hueco que deja en cada ángulo de la estancia una armadura ochavada.

PENDOLAS = Los pares de los rincones, que por ser más cortos terminan en la lima sin llegar al harneruelo.

PERFILES (LOS) = La cara inferior de una pieza, por donde se mide su longitud y su grueso.

PESO (A) = De nivel.

PUNTA DE AZAFATE = El lado de este polígono que toca con la almendrilla.

QUIEBRA = La línea que separa dos paños o un paño y el almizate.

RADIO DE SINO = La distancia del centro de una estrella a cualquiera de sus puntas.

REDONDO (AZAFATE) = El que termina en aspilla, por contraposición al *harpado.*

REGLA ALTA = La pieza horizontal con que termina un paño por la parte de arriba.

REGLA BAJA = La pieza horizontal con que termina un paño por la parte inferior.

REMARSE = Se dice de los pares cuando se inclinan en su plano iniciando la ruina de la cubierta.

ROMO Y AGUDO (A) = Ensambladura con enlace a inglete.

SIETE (EL) = La hipotenusa de un triángulo rectángulo isósceles.

SIETE PAÑOS (ARMADURA DE) = La que tiene sus faldones divididos en tres paños de diferente inclinación.

SINO (SIGNO) = Estrella.

SOLERA = La pieza moldurada que corona el muro bajo el estribo.

TABICAS = Tablas del forro.

TABICONES = Tablas del forro que se colocan entre los canes o entre los tirantes.

TABLA = La cara lateral de la pieza donde se mide su alto.

TANQUIL = Línea vertical.

TARABEA = El conjunto de dos azafates correspondientes a estrellas distintas y que se reunen por una aspilla común.

TAUGEL = Listón o regla.

TESTERO = El costado menor de una estancia que no es cuadrada.

TIENDE (LO QUE) = Longitud de una línea de inclinación determinada, trazada sobre una regla de ancho conocido.

TIRANTE = Pieza transversal que ensambla con el estribo y resiste el empuje de la armadura.

TOCADURA = Moldura que termina una pieza.

TORRILLA = V. CERRILLO.

VUELTA REDONDA = Circunferencia.

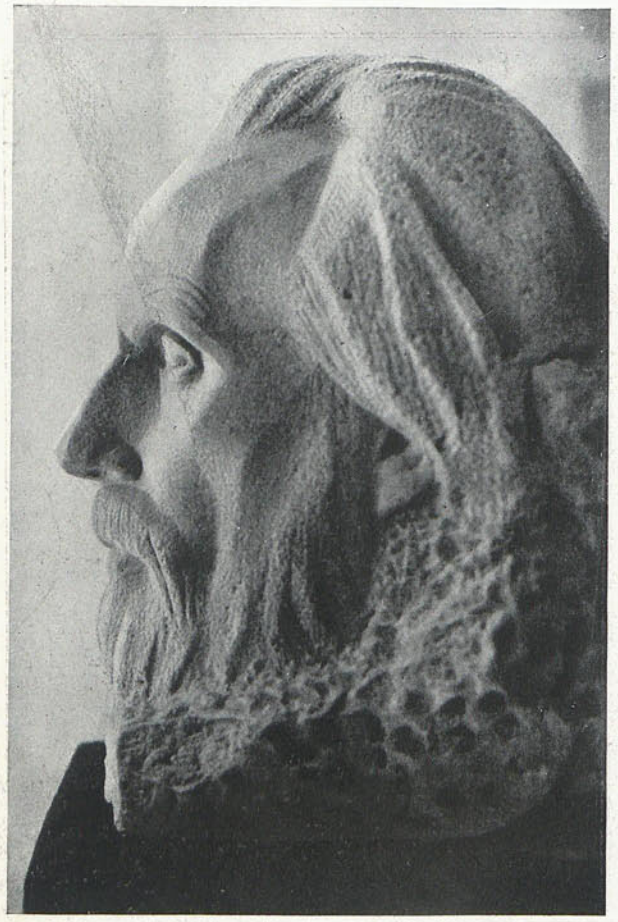
ZANCO = La parte inferior de los paños, por debajo del almarbate, que queda oculta por el argeute.

Biblioteca Nacional de España

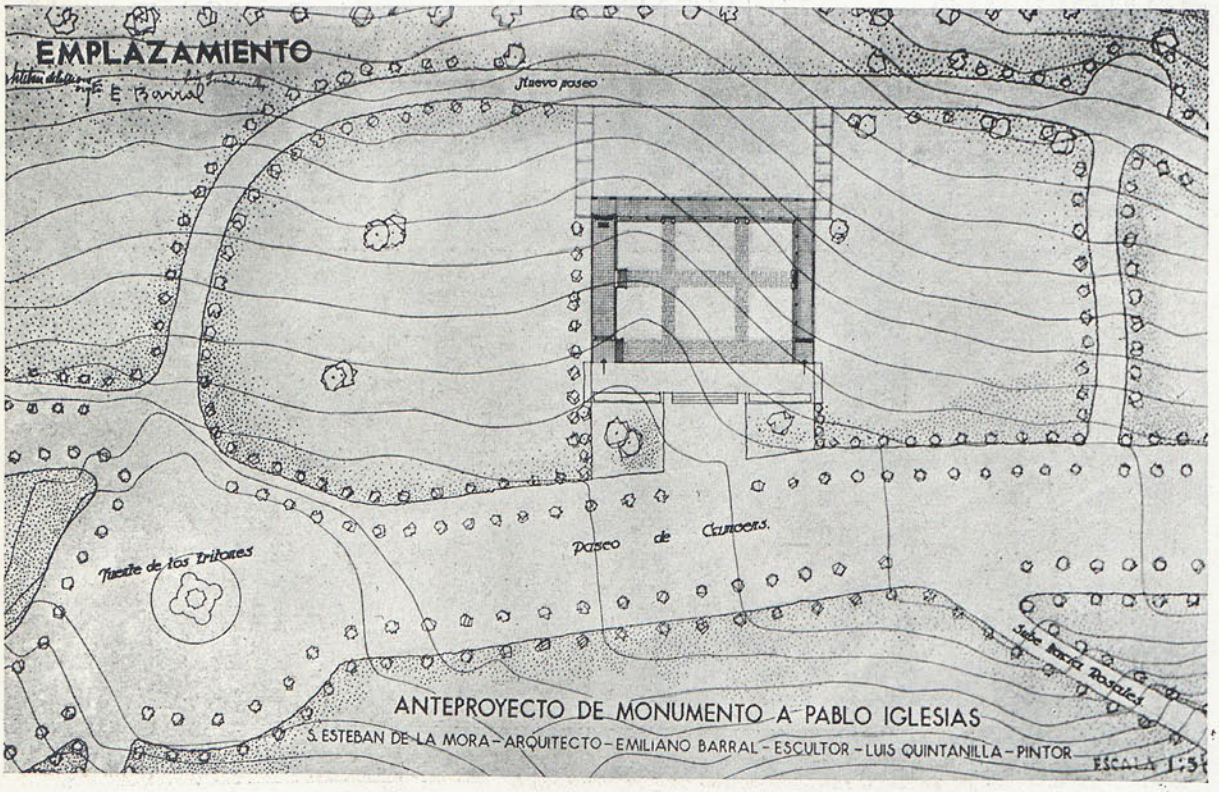
CONCURSO MONUMENTO A PABLO IGLESIAS

Luis Moya, arq.
E. Pérez Comendador, esc.

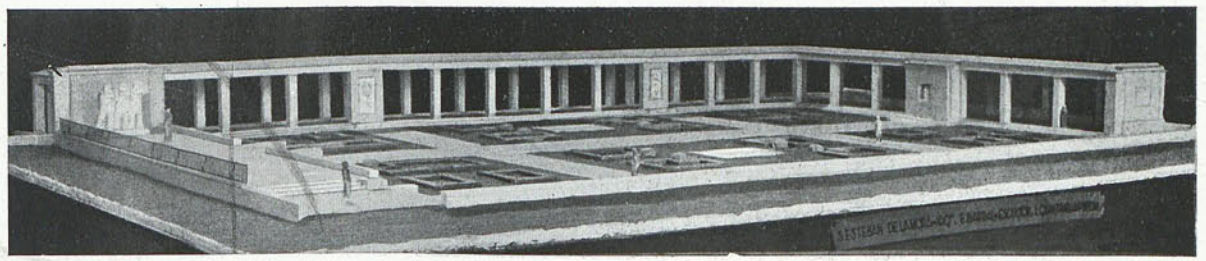
Biblioteca Nacional de España



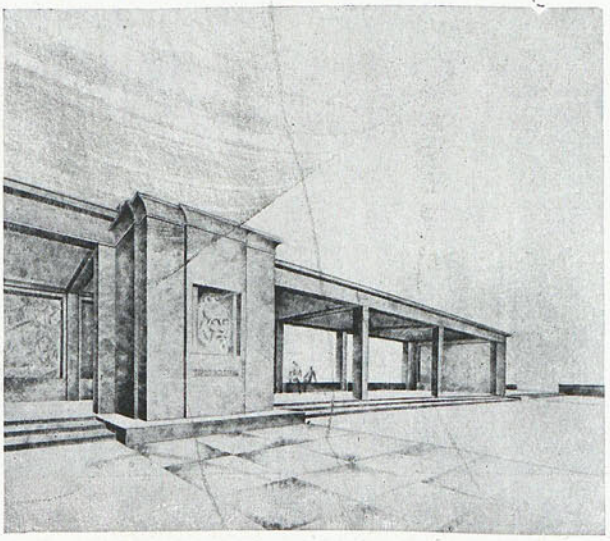
S. Esteban de la Mora, arq.
E. Barral, esc.
L. Quintanilla, pint.

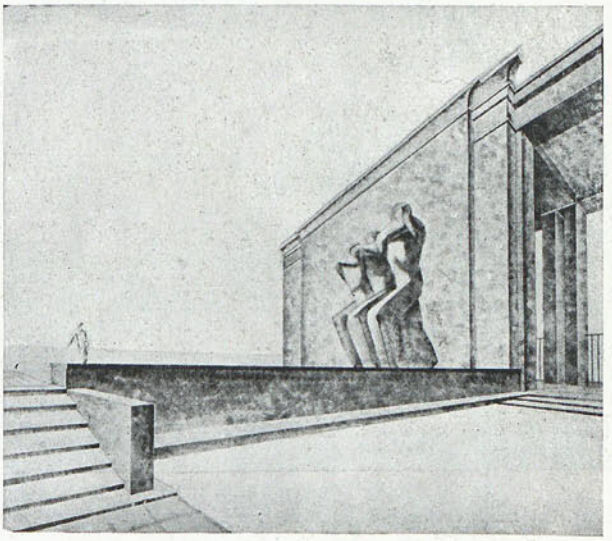


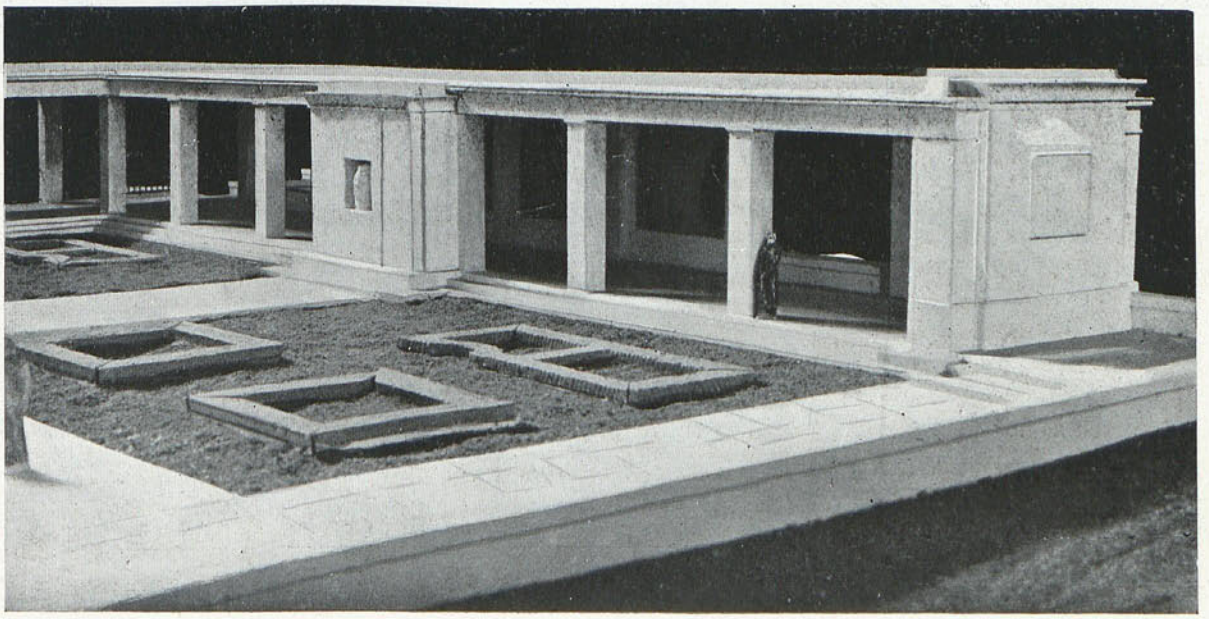
Biblioteca Nacional de España



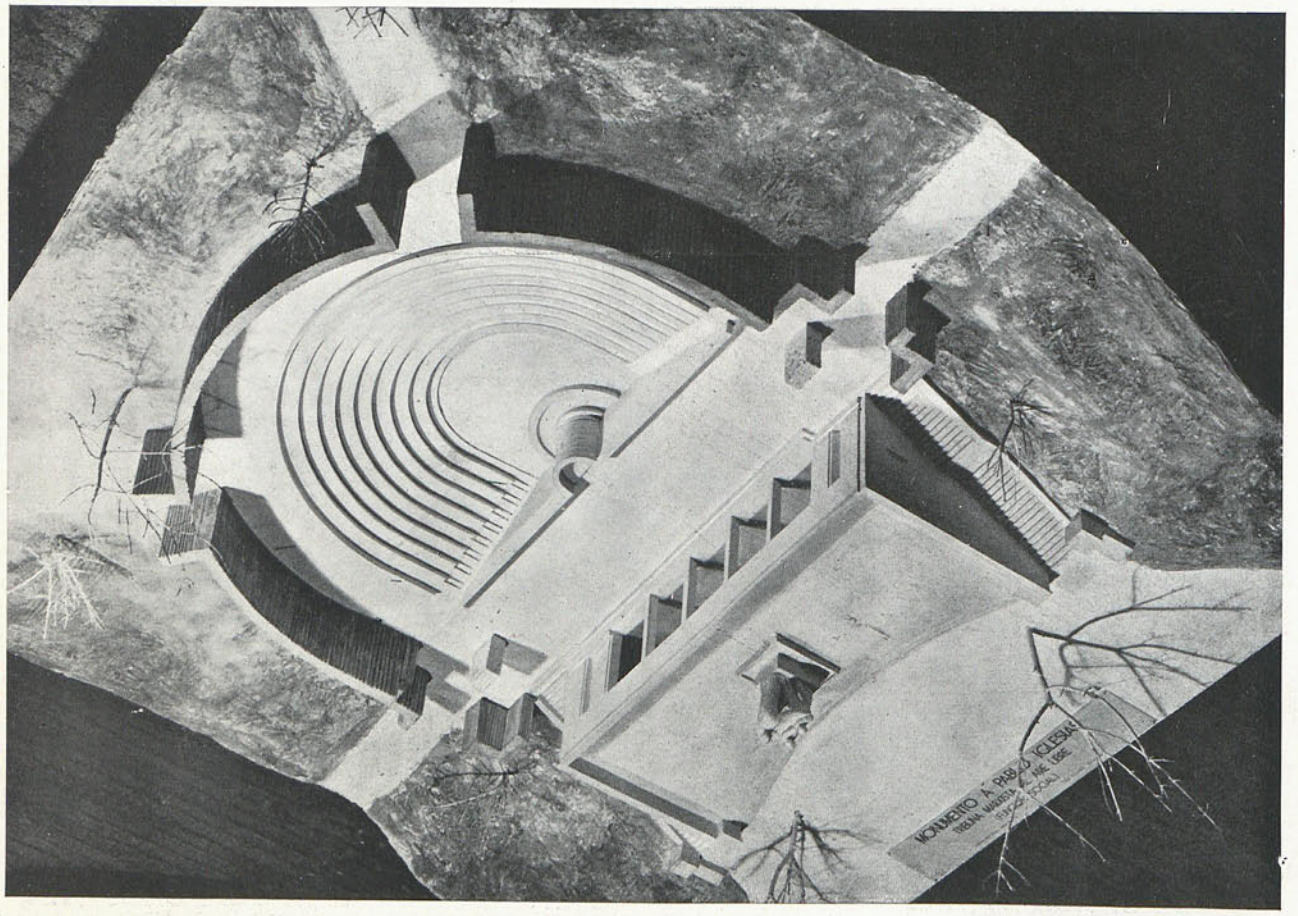
Sres. De la Mora, Barral y Quintanilla.



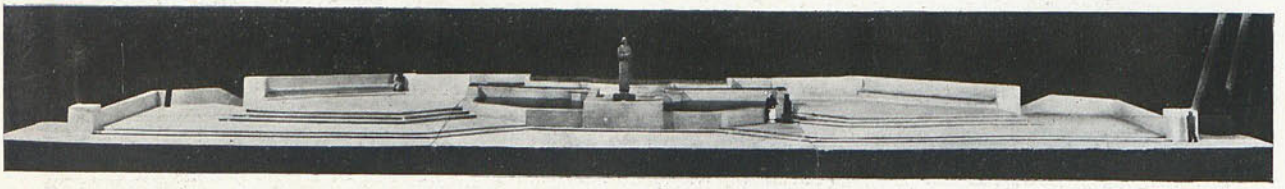


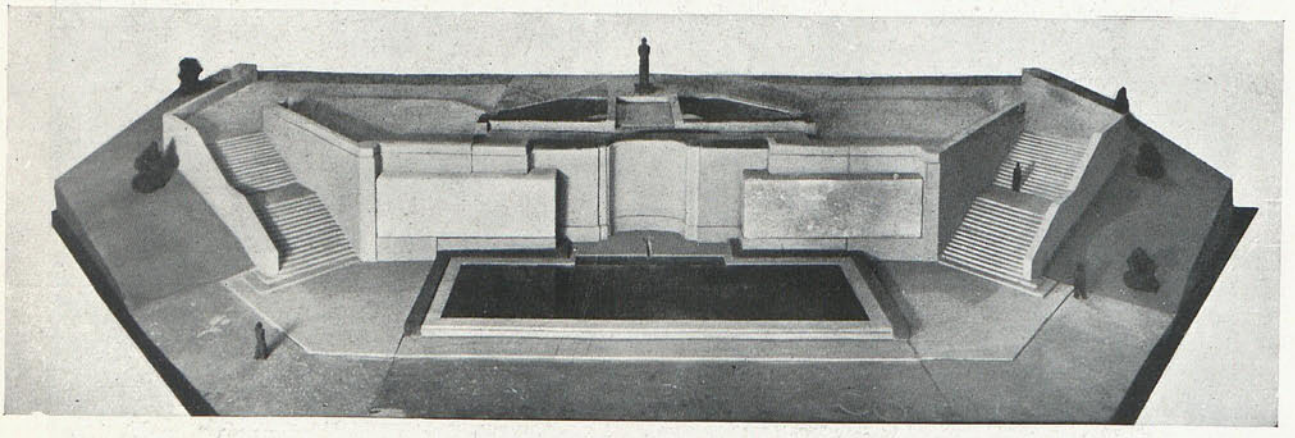


Biblioteca Nacional de España



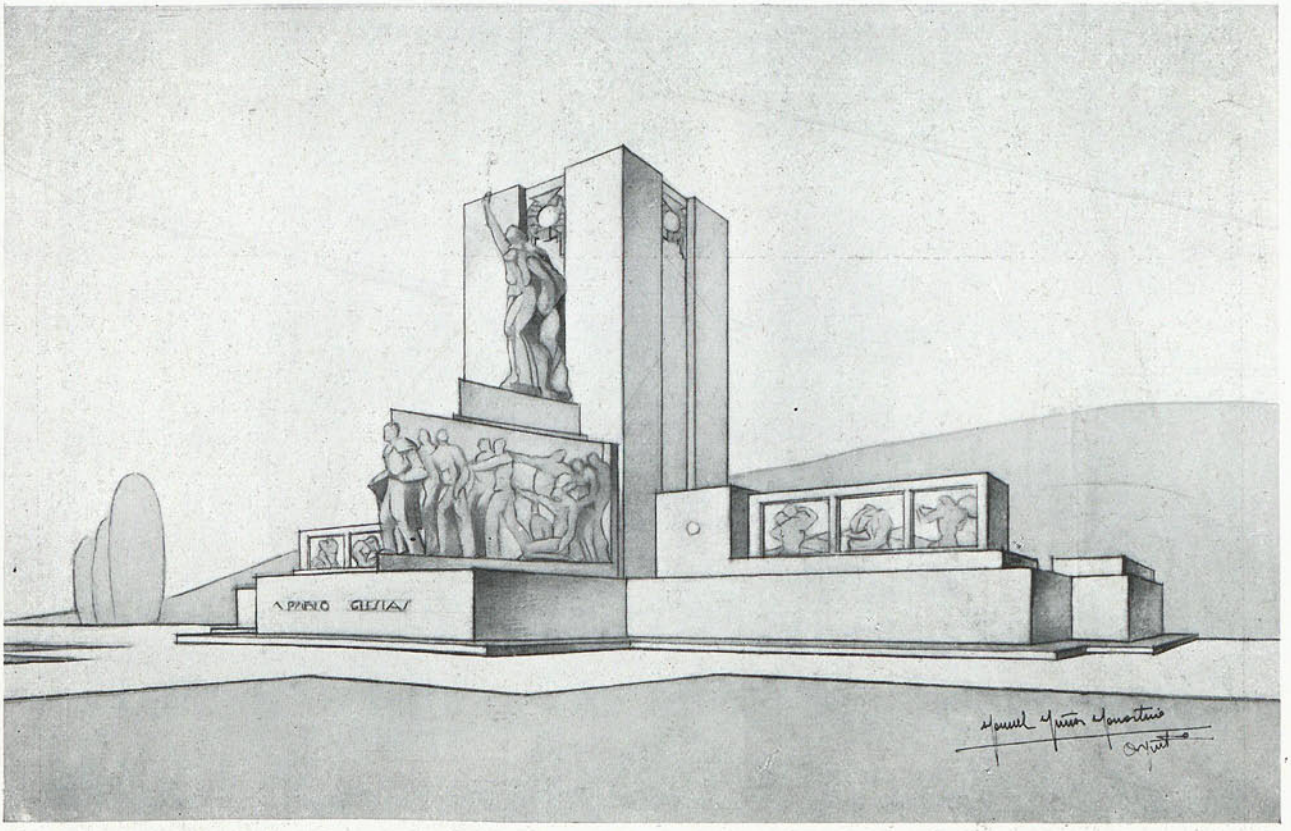
Sres. García Mercadal, arq., y *Cruz Collado,* esc.



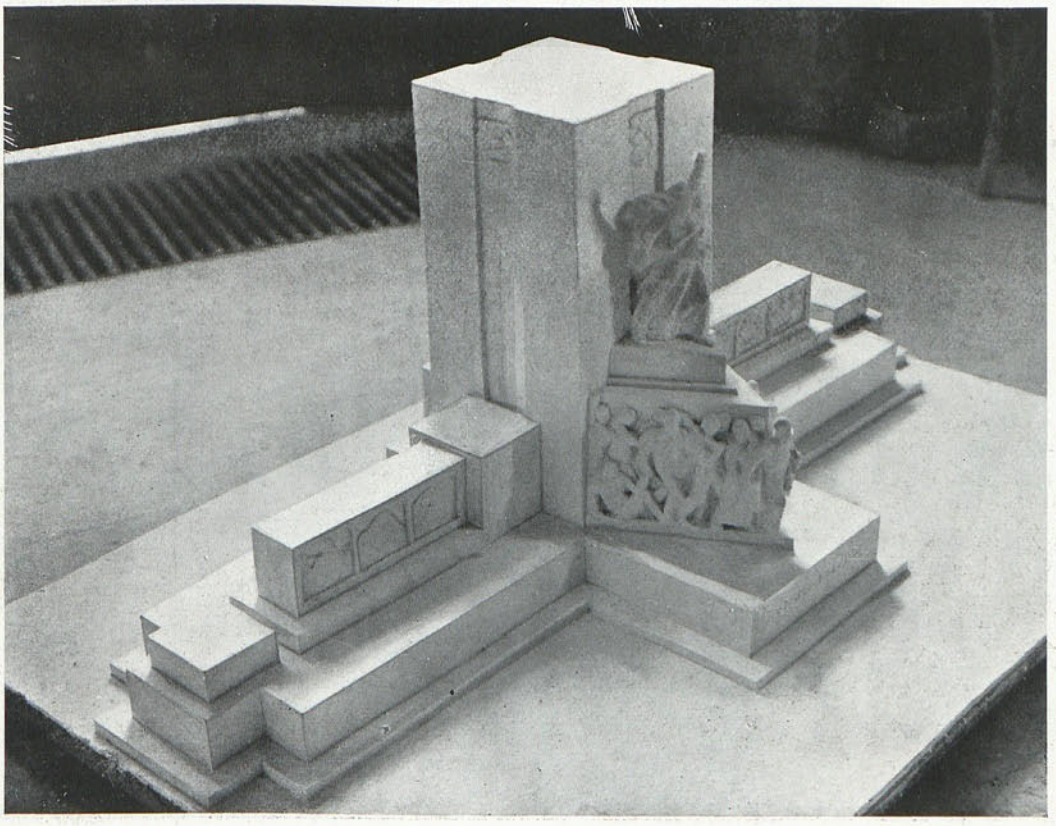


Pedro Wangüemert, arq., y *Santos Arévalo Calvet,* esc.

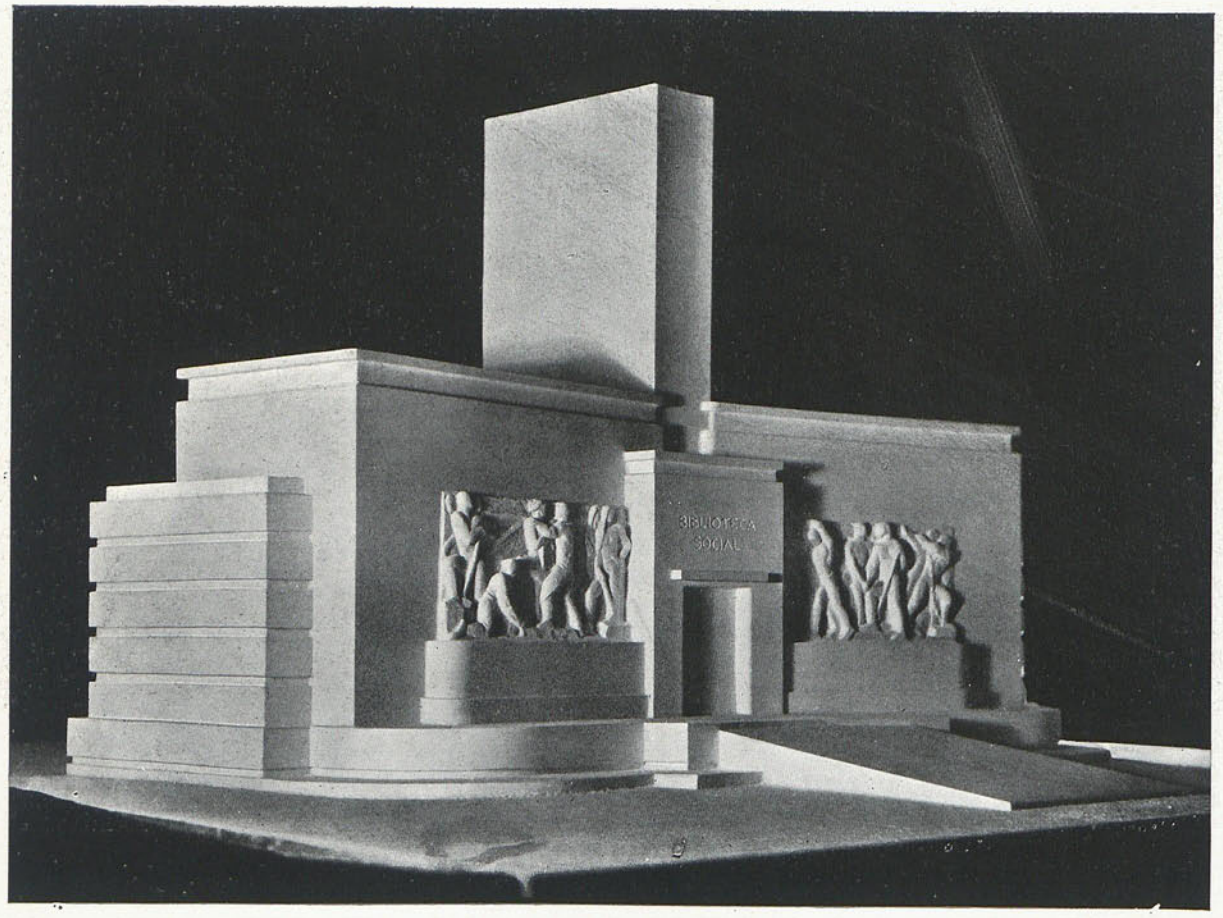
Biblioteca Nacional de España



M. Muñoz Monasterio, arq., y *J. Ortells,* esc.

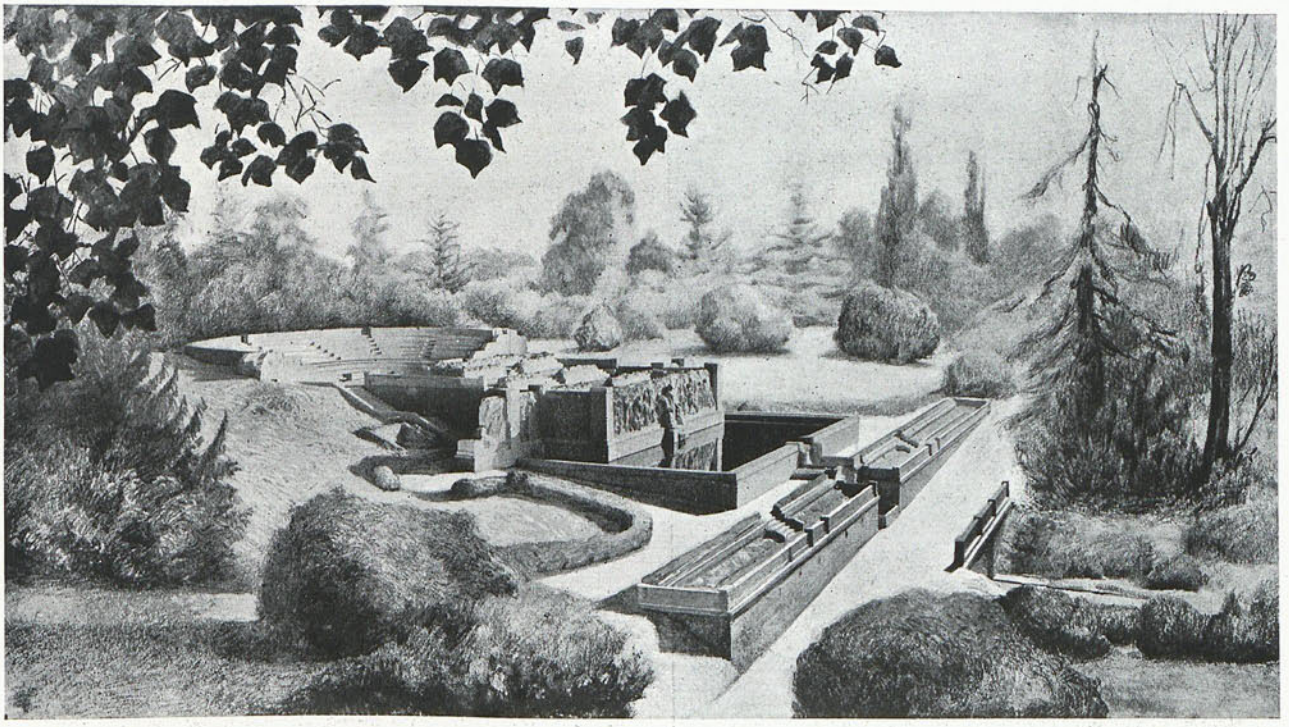


Biblioteca Nacional de España

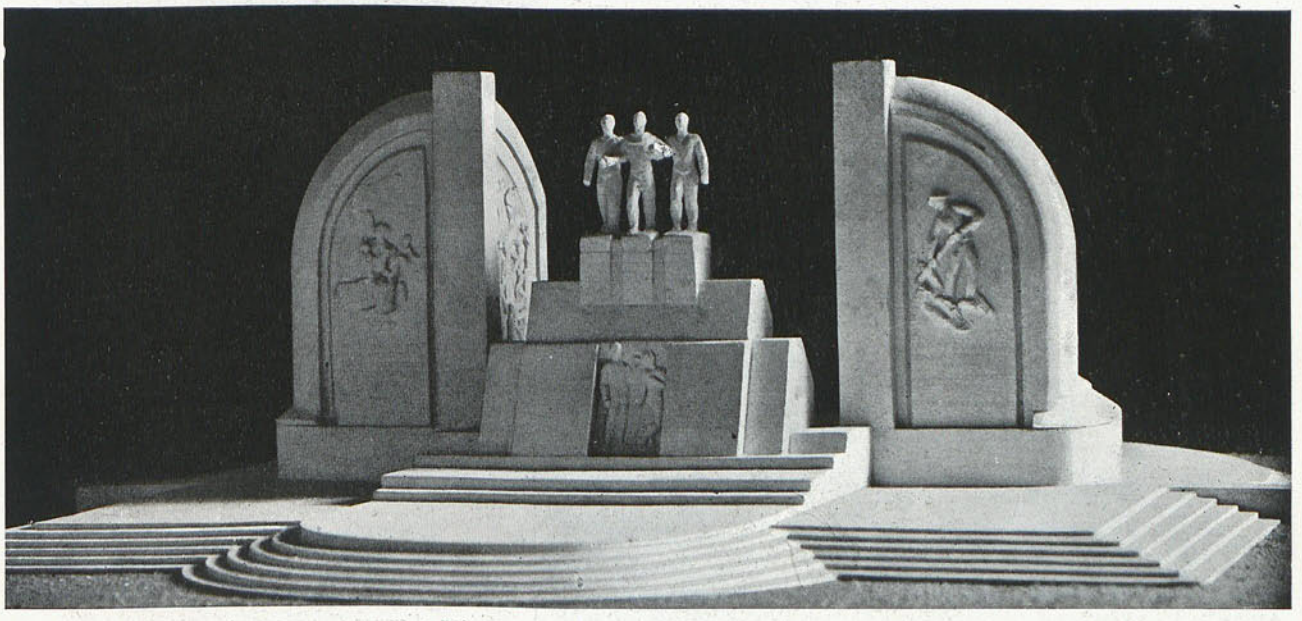


Sres. Eced y *Feduchi,* arqs.
J. Adsuara, esc.

Biblioteca Nacional de España

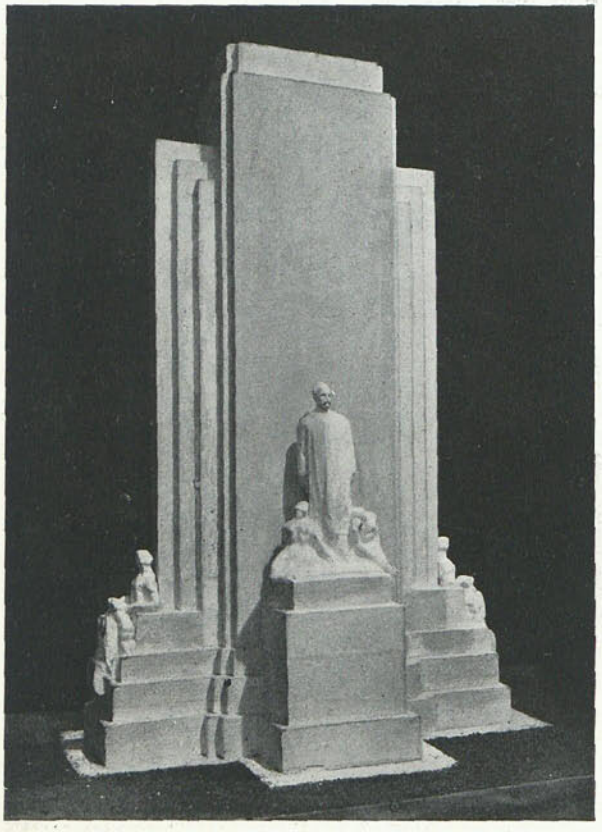


A. Flórez y *J. I. Hervada,* arqs.. y *J. Capuz,* esc.

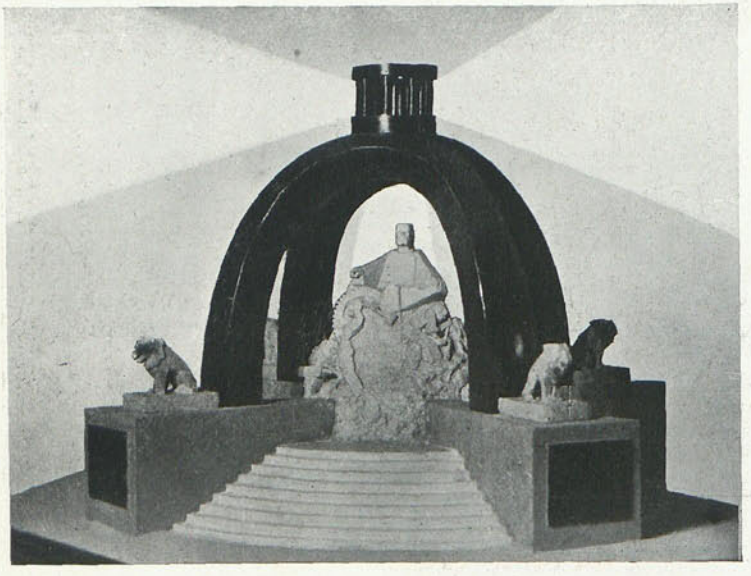


Emilio Moya, arq., y *Laviada,* esc.

Biblioteca Nacional de España



A. Vallejo, arq.
Angel García, esc.



César Alvarez Casado, arq.
C. Alvarez Dumont, esc.

Biblioteca Nacional de España